

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)
Kazuya KAMON) Group Art Unit: 1752
Application No.: 09/320,946) Examiner: Unassigned
Filed: May 26, 1999)
For: PHOTOMASK, FABRICATION METHOD)
OF PHOTOMASK, AND FABRICATION)
METHOD OF SEMICONDUCTOR)
INTEGRATED CIRCUIT)

#3
D.G.
7-16-99

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Japan Patent Application No. 11-006956

Filed: January 13, 1999

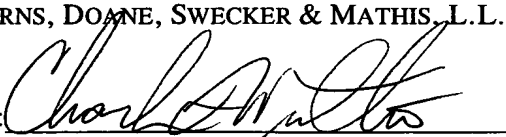
In support of this claim, enclosed is a certified copy of said prior foreign application. Said prior foreign application was referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of this certified copy is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: July 6, 1999

By:


Charles F. Wieland III
Registration No. 33,096

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09/320 946
#3

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: January 13, 1999

Application Number : Japanese Patent Application No. 11-006956

Applicant(s) : MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA

This 12th day of February, 1999

Commissioner,
Patent Office Takeshi Isayama

Certificate No. 11-3006242

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 1月13日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第006956号

出 願 人

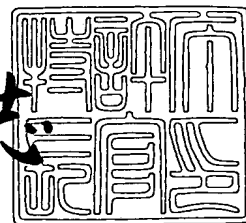
Applicant (s):

三菱電機株式会社

1999年 2月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3006242

【書類名】 特許願

【整理番号】 514109JP01

【提出日】 平成11年 1月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G03F 1/00
G03F 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 加門 和也

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066474

【弁理士】

【氏名又は名称】 田澤 博昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100088605

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 公延

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 020640

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスク、フォトマスクの製造方法、および半導体集積回路装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明基板と、前記透明基板の面上に形成された所定数の凹部と、前記凹部内のそれぞれに形成された遮光膜からなる遮光パターンと、前記遮光パターンの各々の表面、または裏面、または表面および裏面に反射防止膜が形成されたフォトマスク。

【請求項 2】 透明基板と、前記透明基板の面上に形成された遮光パターンと、前記透明基板と前記遮光パターン上に選択的に形成され、その表面が平坦である位相シフトパターンが形成されたフォトマスク。

【請求項 3】 位相シフトパターンの端部において、透明基板に接する部分における前記位相シフトパターンの膜厚が徐々に薄くなっていることを特徴とする請求項 2 記載のフォトマスク。

【請求項 4】 位相シフトパターンの端部において、透明基板に接する部分における前記位相シフトパターンの段差が徐々に小さくなっていることを特徴とする請求項 2 記載のフォトマスク。

【請求項 5】 透明基板と、前記透明基板の面上に形成された所定数の凹部と、前記凹部内のそれぞれに形成された遮光膜からなる遮光パターンと、前記凹部内に形成された前記遮光パターンを有する前記透明基板上に選択的に形成され、その表面が平坦な位相シフトパターンを形成したフォトマスク。

【請求項 6】 透明基板に接する部分の位相シフトパターンの端部の膜厚が徐々に薄くなった構成を備えた請求項 5 記載のフォトマスク。

【請求項 7】 透明基板と、前記透明基板の面上に形成された所定数の凹部と、前記凹部内のそれぞれに形成された遮光膜からなる遮光パターンと、前記凹部内に形成された前記遮光パターンを有する前記透明基板に形成された位相シフトパターンを備えたフォトマスク。

【請求項 8】 透明基板と接する位相シフトパターンの端部の膜厚が徐々に薄くなった構造を有することを特徴とする請求項 7 記載のフォトマスク。

【請求項 9】 位相シフトパターンは、レベンソン型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2 から請求項 8 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 10】 位相シフトパターンは、補助シフター型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2 から請求項 8 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 11】 位相シフトパターンは、エッジ強調型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2、請求項 5 または請求項 7 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 12】 位相シフトパターンは、ハーフトーン型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2、5、7 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 13】 位相シフトパターンは、遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2、請求項 5 または請求項 7 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 14】 位相シフトパターンは、遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2、請求項 5 または請求項 7 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 15】 位相シフトパターンは、中間位相型位相シフトパターンを含むことを特徴とする請求項 2、請求項 5 または請求項 7 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスク。

【請求項 16】 透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的に露光した後に現像して所定のパターンを形成する工程と、前記レジスト膜をマスクにして前記透明基板を選択エッチングして前記透明基板に凹部を形成する工程と、前記レジスト膜を剥離する工程と、前記凹部に第 1 の反射防止膜を形成する工程と、前記第 1 の反射防止膜を形成した凹部内に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜を化学的機械的研磨して遮光パターンを形成する工程と、前記遮光パターン上に第 2 の反射防止膜を形成する工程をさらに含み、あるいは前記第 1 の反射防止膜および前記第 2 の反射防止膜を形成する工程

のいずれかの工程のみからなるフォトマスク製造方法。

【請求項 17】 透明基板上に遮光パターンを形成する工程と、前記透明基板および前記遮光パターン上に位相シフト膜を塗布する工程と、放射線により前記位相シフト膜を選択的にエッチングして、位相シフトパターンを形成する工程と、前記位相シフトパターンの表面を化学的機械的研磨して、所定の膜厚を有する位相シフトパターンを形成する工程とを含むフォトマスク製造方法。

【請求項 18】 位相シフトパターンを形成する工程の後に、放射線により前記位相シフトパターンを選択エッチングする工程と、エッチングされた前記位相シフトパターンの表面を化学的機械的研磨して、所定の膜厚を有する平坦な位相シフトパターンを形成する工程とをさらに含むことを特徴とする請求項 17 記載のフォトマスク製造方法。

【請求項 19】 透明基板上に遮光パターンを形成する工程の後に、前記遮光パターン上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択エッチングし、レジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクにして前記透明基板を選択エッチングする工程と、前記レジストパターンを剥離する工程と、化学的機械的研磨する工程とをさらに含むことを特徴とする請求項 17 記載のフォトマスク製造方法。

【請求項 20】 透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的に露光した後に現像して所定のパターンを形成する工程と、前記レジスト膜をマスクにして前記透明基板を選択エッチングして前記透明基板に凹部を形成する工程と、前記レジスト膜を剥離する工程と、前記凹部内に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜を化学的機械的研磨して遮光パターンを形成する工程と、位相シフト膜を前記透明基板上に形成する工程と、放射線により前記位相シフト膜を選択的にエッチングして、位相シフトパターンを形成する工程からなるフォトマスク製造方法。

【請求項 21】 放射線により位相シフト膜を選択的にエッチングして、位相シフトパターンを形成する工程の後に、透明基板上に形成された前記位相シフトパターンの化学的機械的研磨を行うことをさらに含むことを特徴とする請求項 20 記載のフォトマスク製造方法。

【請求項 22】 透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的に露光した後に現像して所定のパターンを形成する工程と、前記レジスト膜をマスクにして前記透明基板を選択エッチングして前記透明基板に凹部を形成する工程と、前記レジスト膜を剥離する工程と、前記凹部内に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜を化学的機械的研磨して遮光パターンを形成する工程と、前記遮光パターンが形成された前記透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的にエッチングする工程と、前記透明基板を選択的にエッチングする工程とからなるフォトマスク製造方法。

【請求項 23】 放射線により透明基板を選択的にエッチングする工程の後に、化学的機械的研磨を実施する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 22 記載のフォトマスク製造方法。

【請求項 24】 放射線として電子線を使用することを特徴とする請求項 16 から請求項 23 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 25】 放射線としてレーザ光を使用することを特徴とする請求項 16 から請求項 23 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 26】 放射線として単色光を使用することを特徴とする請求項 16 から請求項 23 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 27】 請求項 1 から請求項 15 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクを使用した半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 28】 請求項 1 から請求項 15 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクを使用した液晶ディスプレイの製造方法。

【請求項 29】 請求項 16 から請求項 26 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクの製造方法を含む半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 30】 請求項 16 から請求項 26 のうちのいずれか 1 項記載のフォトマスクの製造方法を含む液晶ディスプレイの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置の製造に使用されるフ

フォトマスク、フォトマスクの製造方法、およびこのフォトマスクを用いた半導体集積回路装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

フォトマスク上に描かれた半導体素子等の回路パターンをウエハ上に投影させるために使用される投影露光装置の機能としては、解像度が高く微細なパターンの転写が可能なものが要求される。一般に、投影露光装置の機能において、投稿レンズの開口数NAが大きなものほど、また露光光の波長が短いものほどその解像度は向上する。ここで、開口数NAを増大すればするほど、パターン転写時に焦点深度が小さくなるため、開口数NAを大きくする方法には限界がある。また、露光光を短波長化する場合、転写プロセスを大幅に改造する必要がある。

【0003】

そこで、位相反転させる位相シフターを、フォトマスク上の光透過領域の一部に形成し、光の振幅に加えて位相をも制御することにより結像特性を改善し向上させる方法が過去に提案されている。例えば、特開昭57-62052号、特開昭58-173744号、特開昭62-67514号、特開昭62-67547号、特開昭63-304257号、特開平3-263045号公報等に位相シフト方法についての記載がある。

【0004】

図22は、従来のフォトマスクの製造法を示す説明図であり、図において、220は透明ガラス基板、222は遮光膜、224はレジスト膜であり、最終的に図22の(f)に示すように、透明ガラス基板220上に所定の間隔で遮光パターン111が形成される。

【0005】

また図23は、従来の低反射フォトマスクの製造方法を示す説明図であり、図において、231および232は遮光膜222を挟んで形成された反射防止膜であり、最終的に図23の(f)に示すように、その上面および下面に反射防止膜231、232の層を透明ガラス基板220上に形成した遮光パターン111が、所定の間隔で形成される。

【0006】

さらに、図24は、従来の位相シフトフォトマスクの製造方法を示す説明図であり、図において、226は位相シフト部、225は凹部である。この従来の位相シフトフォトマスクの製造方法では、最終的に図24の(d)に示すように、透明ガラス基板220に形成された凹部の両側に遮光パターン111を形成し、この遮光パターン111の隣に位相シフト部226が設けられ位相シフトフォトマスクが形成されている。

【0007】

このように、従来のフォトマスクの製造方法では、フォトマスク上に所定の間隔で遮光パターンを形成する方法(図22の(f)および図23の(f)を参照)、あるいはフォトマスク上に所定の間隔で位相シフトパターンを形成し配置する方法(図24の(d)を参照)であったので、得られたフォトマスクの表面には、複雑なトポグラフィーが形成されていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従来のフォトマスクは以上のように構成されているので、得られたフォトマスクの表面には複雑なトポグラフィーが形成され、このため、洗浄工程において、例えば、洗浄工程で使用されるブラシ等による異物除去処理において遮光膜が剥がれる場合があり、このため製造工程での耐久性が低く、さらに得られたフォトマスクの品質は低下し、ひいてはこのフォトマスクを用いて製造される半導体集積回路装置の歩留まりが低下し、かつその品質も低下するといった課題があった。

【0009】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、フォトマスクを製造する製造工程における機械的耐久性が高く、高い結像性能を備え、高品質で高転写精度の、また製造工程における歩留まりを向上可能な構成を備えたフォトマスク、フォトマスクの製造方法、およびこのフォトマスクを使用した液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置の製造方法を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

この発明に係るフォトマスクは、透明基板と、前記透明基板の面上に形成された所定数の凹部と、前記凹部内のそれぞれに形成された遮光膜からなる遮光パターンと、前記遮光パターンの各々の表面、または裏面、または表面および裏面に反射防止膜が形成されていることを特徴とするものである。

【0011】

この発明に係るフォトマスクは、透明基板と、前記透明基板の面上に形成された遮光パターンと、前記透明基板と前記遮光パターン上に選択的に形成され、その表面が平坦である位相シフトパターンとを備えたことを特徴とするものである。

【0012】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンの端部において、透明基板に接する部分における前記位相シフトパターンの膜厚が徐々に薄くなっていることを特徴とするものである。

【0013】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンの端部において、透明基板に接する部分における前記位相シフトパターンの段差が徐々に小さくなっていることを特徴とするものである。

【0014】

この発明に係るフォトマスクは、透明基板と、前記透明基板の面上に形成された所定数の凹部と、前記凹部内のそれぞれに形成された遮光膜からなる遮光パターンと、前記凹部内に形成された遮光パターンを有する前記透明基板上に、選択的に形成された位相シフトパターンとを備えたことを特徴とするものである。

【0015】

この発明に係るフォトマスクは、透明基板に接する部分の位相シフトパターンの端部の膜厚が徐々に薄くなった構成を備えたことを特徴とするものである。

【0016】

この発明に係るフォトマスクは、透明基板と、前記透明基板の面上に形成された所定数の凹部と、前記凹部内のそれぞれに形成された遮光膜からなる遮光パタ

ーンと、前記凹部内に形成された遮光パターンを有する前記透明基板に形成された位相シフトパターンを備えたことを特徴とするものである。

【0017】

この発明に係るフォトマスクは、透明基板と接する位相シフトパターンの端部の膜厚が徐々に薄くなった構造を持つことを特徴とするものである。

【0018】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、レベンソン型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0019】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、補助シフター型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0020】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、エッジ強調型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0021】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、ハーフトーン型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0022】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、遮光パターン付きハーフトーン型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0023】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、遮光パターン付きシフター遮光型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0024】

この発明に係るフォトマスクは、位相シフトパターンが、中間位相型位相シフトパターンを含むことを特徴とするものである。

【0025】

この発明に係るフォトマスク製造方法は、透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的に露光した後に現像して所定のバ

ターンを形成する工程と、前記レジスト膜をマスクにして前記透明基板を選択エッチングして前記透明基板に凹部を形成する工程と、前記レジスト膜を剥離する工程と、前記凹部に第1の反射防止膜を形成する工程と、前記第1の反射防止膜を形成した凹部内に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜を化学的機械的研磨して遮光パターンを形成する工程と、前記遮光パターン上に第2の反射防止膜を形成する工程をさらに含み、あるいは前記第1の反射防止膜および前記第2の反射防止膜を形成する工程のいずれかの工程のみを含むことを特徴とするものである。

【0026】

この発明に係るフォトマスク製造方法は、透明基板上に遮光パターンを形成する工程と、前記透明基板および前記遮光パターン上に位相シフト膜を塗布する工程と、放射線により前記位相シフト膜を選択的にエッチングして、位相シフトパターンを形成する工程と、前記位相シフトパターンの表面を化学的機械的研磨して、所定の膜厚を有する位相シフトパターンを形成する工程とを含むことを特徴とするものである。

【0027】

この発明に係るフォトマスク製造方法は、位相シフトパターンを形成する工程の後に、放射線により前記位相シフトパターンを選択エッチングする工程と、エッチングされた前記位相シフトパターンの表面を化学的機械的研磨して、所定の膜厚を有する平坦な位相シフトパターンを形成する工程とをさらに含むことを特徴とするものである。

【0028】

この発明に係るフォトマスク製造方法は、透明基板上に遮光パターンを形成する工程の後に、前記遮光パターン上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択エッチングし、レジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクにして前記透明基板を選択エッチングする工程と、前記レジストパターンを剥離する工程と、化学的機械的研磨する工程とを含むことを特徴とするものである。

【0029】

この発明に係るフォトリソグラフィ製造方法は、透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的に露光した後に現像して所定のパターンを形成する工程と、前記レジスト膜をマスクにして前記透明基板を選択エッチングして前記透明基板に凹部を形成する工程と、前記レジスト膜を剥離する工程と、前記凹部内に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜を化学的機械的研磨して遮光パターンを形成する工程と、位相シフト膜を前記透明基板上に形成する工程と、放射線により前記位相シフト膜を選択的にエッチングして、位相シフトパターンを形成する工程を含むことを特徴とするものである。

【0030】

この発明に係るフォトリソグラフィ製造方法は、放射線により位相シフト膜を選択的にエッチングして、位相シフトパターンを形成する工程の後に、透明基板上に形成された前記位相シフトパターンの化学的機械的研磨を行うことをさらに含むことを特徴とするものである。

【0031】

この発明に係るフォトリソグラフィ製造方法は、透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的に露光した後に現像して所定のパターンを形成する工程と、前記レジスト膜をマスクにして前記透明基板を選択エッチングして前記透明基板に凹部を形成する工程と、前記レジスト膜を剥離する工程と、前記凹部内に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜を化学的機械的研磨して遮光パターンを形成する工程と、前記遮光パターンが形成された前記透明基板上にレジスト膜を形成する工程と、放射線により前記レジスト膜を選択的にエッチングする工程と、前記透明基板を選択的にエッチングする工程とを含むことを特徴とするものである。

【0032】

この発明に係るフォトリソグラフィ製造方法は、放射線により透明基板を選択的にエッチングする工程の後に、化学的機械的研磨を実施する工程をさらに含むことを特徴とするものである。

【0033】

この発明に係るフォトリソグラフィ製造方法は、放射線として電子線を使用すること

を特徴とするものである。

【0034】

この発明に係るフォトマスク製造方法は、放射線としてレーザ光を使用することを特徴とするものである。

【0035】

この発明に係るフォトマスク製造方法は、放射線として単色光を使用することを特徴とするものである。

【0036】

この発明に係る半導体集積回路装置や液晶ディスプレイの製造方法は、この発明のフォトマスクあるいはこの発明のフォトマスクの製造方法を用いて、半導体集積回路装置や液晶ディスプレイを製造することを特徴とするものである。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態 1.

図1は、この発明の実施の形態1によるフォトマスクを示す構成図であり、図において、10は透明ガラス基板（透明基板）、11は、透明ガラス基板10上の凹部に形成された遮光パターンである。図1に示すように、実施の形態1のフォトマスクの構成は、透明ガラス基板10上の所定の間隔で形成された凹部内にクロムCrやMoSiなどの遮光膜を形成し、その後、化学的機械的研磨（CMP: Chemical Mechanical Polishing）を実施してフォトマスクの表面上に、遮光パターン11と透明ガラス基板10とが同一平面となるように平坦化されてる。

【0038】

図22の（f）に図示した様に、従来の製造方法で得られたフォトマスクは、透明ガラス基板上に遮光パターンが形成されており、フォトマスクの表面に複雑なトポグラフィが形成されるので、洗浄工程における機械的・化学的研磨に対する耐久性は小さい。これに対して、実施の形態1のフォトマスクでは、透明ガラス基板10上の凹部内に遮光パターン11を形成し、遮光パターン11と透明ガラ

ス基板 10 とが平坦な同一平面となる構成を有するので、フォトマスクの表面に複雑なトポグラフィが形成されるようなことは無く、洗浄工程における機械的化学的研磨に対する耐久性は大きくなる。

【0039】

以上のように、この実施の形態 1 によれば、透明ガラス基板 10 上の凹部に遮光パターン 11 を形成し、遮光パターン 11 と透明ガラス基板 10 とが同一平面となる構成を有するので、従来のフォトマスクのように、フォトマスクの表面に複雑なトポグラフィが形成されるようなことは無く、洗浄工程における機械的化学的研磨に対する耐久性が大きい、このフォトマスクを用いて製造される半導体集積回路装置の歩留まりが向上する。

【0040】

実施の形態 2.

図 2 は、この発明の実施の形態 2 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、21 はレジスト膜、23 は透明ガラス基板 10 上に所定間隔で形成された複数の凹部、24 は遮光膜である。その他の構成要素は、実施の形態 1 のフォトマスクで説明したものと同一のものなので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0041】

次に動作について説明する。

図 1 に示した構成の実施の形態 1 のフォトマスクは、以下の製造工程を用いて形成される。まず、図 2 の (b) に示されるように、透明ガラス基板 10 上にレジスト膜 21 を形成する。電子線、レーザ線、単色光等の放射線を用いて選択的なエッチングを実施する場合において、レジスト膜 21 としては、電子線 (EB : Electron Beam) で露光する場合は日本ゼオン社製の ZEP 520、レーザ光で露光する場合は三菱化学社製の MCP Ri 500 などが最適である。また、単色光でも露光可能である。これは、以下で詳細に説明する実施の形態 3 ~ 17 の場合においても同様の事項である。

【0042】

次に、図 2 の (c) に示されるように、電子線、レーザ光、あるいは単色光等

の放射線により、レジスト膜 21 を選択的に露光し、その後、現像液（例えば、TMAH 水溶液等）でアルカリ現像し、図 2 の（c）に示すように、レジストパターン 22 を形成する。次に、図 2 の（d）に示すように、レジストパターン 22 をマスクにして透明ガラス基板 10 を選択エッチングした後に、レジストパターン 22 を剥離することで、透明ガラス基板 10 上に複数の凹部 23 が形成される。

【0043】

その後、凹部 23 を備えた透明ガラス基板 10 上に、Cr や MoSi 等の遮光膜 24 を形成する。その後、図 2 の（f）に示すように、この遮光膜 24 を、透明ガラス基板 10 および遮光パターン 11 が同一平面となるように化学的機械的研磨することで、フォトマスクが形成される。

【0044】

次に、図 2 の（e）で形成された遮光膜 24 を研磨する化学的機械的研磨方法を以下に説明する。図 3 は、遮光膜 24 を化学的機械的研磨する方法に使用する装置を示す説明図であり、図において、31 は回転テーブル、32 は回転テーブル 31 上に配置された回転式のマスクホルダーであり、図 3 では 4 個のマスクホルダーが配置されている。このマスクホルダー 32 は、回転テーブル 31 の回転とは別個に自転する機能を有している。そして、33 は回転テーブル 31 上に配置された研磨布であり、この研磨布 33 上にアルミナやシリカなどの微粒子を含むスラリーが設けられている。

【0045】

図 2 の（e）に示す透明ガラス基板 10 を、各回転テーブル 31 上に配置する。その場合、透明ガラス基板 10 上の遮光膜 24 が形成されている面、即ちパターン面が研磨布 33 と対面するように、透明ガラス基板 10 を回転テーブル 31 上に配置する。

【0046】

その後、回転テーブル 31 を図 3 の矢印で示す方向に回転して研磨を行う。回転テーブル 31 の回転に際しては、マスクホルダー 32 の回転テーブル 31 に対する押しつけ圧力、回転テーブル 31 やマスクホルダー 32 の回転数等を調節す

ることで、所定の研磨工程が実施され、透明ガラス基板 1 0 上に形成された遮光膜 2 4 は、図 2 の (f) に示されるように、遮光膜 2 4 が形成された透明ガラス基板 1 0 の面が平坦となるまで研磨されて、フォトマスクの表面は平滑化される。

【 0 0 4 7 】

図 4 は、実施の形態 2 で示したフォトマスクの製造工程で得られたフォトマスクを洗浄するための洗浄工程を示す説明図であり、(a) は従来の製造方法で形成されたフォトマスクに対する洗浄工程を示す説明図であり、(b) はこの発明の実施の形態 2 に係る製造方法で形成されたフォトマスクに対する洗浄工程を示す説明図である。図において、4 1 はブラシ、4 2 はフォトマスク上の異物であり、洗浄工程で除去されるべきものである。

【 0 0 4 8 】

図 4 の (a) で示した様に、従来の製造方法で形成されたフォトマスクは、透明ガラス基板 (透明基板) 2 2 0 の平面上に遮光パターン 1 1 1 が、複雑なトポグラフィーとなって形成されており、洗浄工程におけるブラシ 4 1 等の機械的なストレスにより透明ガラス基板 2 2 0 上から剥離される場合が生じる可能性が高い。これによりパターン欠陥を引き起こすので、フォトマスクの品質は低下し、さらにフォトマスクを用いて製造される液晶ディスプレイ、液晶パネル等の半導体集積回路装置の品質が低下し、また半導体集積回路装置の歩留まりが低下することにつながる。

【 0 0 4 9 】

一方、図 4 の (b) に示した様に、この発明の実施の形態 2 に係る製造方法で形成されたフォトマスクは、その表面は平滑化され平面状態であるので、洗浄工程におけるブラシ 4 1 等の機械的なストレスの発生はなく、高品質のフォトマスクが得られ、この発明のフォトマスクを用いて製造される液晶ディスプレイや液晶パネル等の半導体集積回路装置の品質は向上し、また半導体集積回路装置の歩留まりも向上する。

【 0 0 5 0 】

以上のように、この実施の形態 2 によれば、表面が平滑化されたフォトマスク

を製造することができるので、高品質のフォトマスクが得られ、このフォトマスクを用いて製造される液晶ディスプレイや液晶パネル等の半導体集積回路装置の品質を向上することができ、さらに半導体集積回路装置の製造工程における歩留まりを向上することができる。

【 0 0 5 1 】

実施の形態 3.

図 5 は、この発明の実施の形態 3 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、5 0 は第 1 の反射防止膜であり、5 1 は第 2 の反射防止膜である。その他の構成要素は、実施の形態 2 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【 0 0 5 2 】

次に動作について説明する。

図 2 の (a) ~ (d) で示した実施の形態 2 の製造工程を用いて、透明ガラス基板 1 0 を加工し、透明ガラス基板 1 0 上に凹部 2 3 を形成する (図 5 の (a) ~ (d)) 。次に、図 5 の (e) に示すように、凹部 2 3 および透明ガラス基板 1 0 上に第 1 の反射防止膜 5 0 を形成する。この場合、凹部 2 3 が埋まらない厚さとなるように第 1 の反射防止膜 5 0 を形成する。その後、第 1 の反射防止膜 5 0 上に Cr や Mo Si 等の遮光膜 2 4 を形成する。

【 0 0 5 3 】

次に、遮光膜 2 4 を化学的機械的研磨して、透明ガラス基板 1 0 と同一平面の遮光パターン 1 1 を形成する。その後、図 5 の (f) に示すように、遮光パターン 1 1 上に第 2 の反射防止膜 5 1 を形成する。この第 2 の反射防止膜 5 1 の材質としては、 MgF_2 や CrO 等を用いる。図 5 の (f) に示した構成のフォトマスクでは、第 1 の反射防止膜 5 0 および第 2 の反射防止膜 5 1 を形成したが、この発明はこの構成に限定されるものではなく、反射防止膜は遮光パターン 1 1 の上部あるいは下部のいずれかのみに形成してもよい。

【 0 0 5 4 】

図 2 3 の (f) に示した従来の製造方法で得られた低反射フォトマスクは、多層構造で形成されているため、図 4 の (a) に示したような、洗浄工程における

ブラシ 41 等の機械的なストレスが発生し、これにより品質が低下することがあったが、図 5 の (f) に示される実施の形態 3 のフォトマスクは、透明ガラス基板 10 の内部に遮光パターン 11 を形成しているので、機械的ストレスに対する強度は大きく、遮光パターン 11 の欠陥の発生が減少する。

【0055】

以上のように、この実施の形態 3 によれば、透明ガラス基板 10 の内部に遮光パターン 11 を形成し、また表面が平滑化されたフォトマスクを製造することができるので、機械的ストレスに対する強度は大きく、遮光パターン 11 の欠陥の発生を減少することができ、高品質のフォトマスクが得られ、このフォトマスクを用いて製造される液晶ディスプレイや液晶パネル等の半導体集積回路装置の品質を向上することができ、さらに半導体集積回路装置の歩留まりを向上することが可能となる。

【0056】

実施の形態 4.

図 6 は、この発明の実施の形態 4 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、60 はシフター材を塗布して形成された位相シフト膜、61 は遮光パターン、62 は位相シフトパターンである。その他の構成要素は、実施の形態 2 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0057】

次に動作について説明する。

まず、図 6 の (a) に示すように、透明ガラス基板 10 の平面上に遮光パターン 61 を形成する。その後、図 6 の (b) に示すように、透明ガラス基板 10 および遮光パターン 61 上に、SOG (Spin On Glass) 等のシフター材を塗布する。シフター材を塗布することで得られた位相シフト膜 60 は、凸部形状の複雑なトポグラフィーである遮光パターン 61 上に形成されるので、図 6 の (b) に示すように山形となる。

【0058】

次に、化学的機械的研磨を行い、図 6 の (c) に示す平面状の位相シフト膜 6

0を形成する。その後、この平面状の位相シフト膜60を選択的にエッチングすると（選択エッチング）、図6の（d）に示すように、シフターの膜厚が均一な位相シフトパターン62を有する位相シフトマスクが形成される。

【0059】

図24の（c）に示した様に、従来の製造方法で得られた位相シフトマスクでは、シフターの膜厚が局所的に高くなり均一ではないので、位相シフトマスクの機能が十分に発揮できない。これに対して、実施の形態4の位相シフトマスクの製造方法では、シフターの膜厚が均一の位相シフトマスクを製造することができる。

【0060】

以上のように、この実施の形態4によれば、透明ガラス基板10上に、膜厚が均一の位相シフトパターンを有する位相シフトマスクを製造することができるので、この位相シフトマスクを用いて半導体集積回路装置を製造する場合、光学像のコントラストを向上することができる。

【0061】

実施の形態5.

図7は、この発明の実施の形態5によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、63は位相シフトパターン、70は位相シフトパターンと透明ガラス基板10との境界領域である。その他の構成要素は、実施の形態4で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0062】

次に動作について説明する。

まず、図6の（a），（b）に示した実施の形態4のフォトマスクの製造工程を用いて、図7の（a），（b）に示すように透明ガラス基板10上に遮光パターン61と位相シフト膜60を形成する。

【0063】

次に、図7の（c）に示すように選択的にエッチングを行った後、図7の（d）に示すように、塗布膜である位相シフト膜60に対して、さらに化学的機械的

研磨を行って表面を平滑化する。これにより、位相シフトパターン 63 の上面が平坦な位相シフトパターンを有するフォトマスクを形成できる。得られた実施の形態 5 のフォトマスクを用いて半導体集積回路装置を製造すれば、位相誤差が発生しない。

【0064】

また、図 7 の (d) の右側部分に示す様に、遮光パターン 61 に隣接して形成された位相シフト部において、位相シフト部と透明ガラス基板 10 との境界領域 70 は、角がとれて徐々に位相が変化した構造となっているので、化学的機械的研磨を実施することで、中間位相シフターが自動的に形成されていることと等化となる。つまり、境界領域 70 は、典型的な位相矛盾箇所であるが、化学的機械的研磨を実施することにより位相矛盾箇所の形成を回避できるので、境界領域 70 で遮光領域が形成されない。さらに、図 7 の (d) に示す様に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0065】

以上のように、この実施の形態 5 によれば、化学的機械的研磨を実施することにより、境界領域 70 で位相矛盾箇所の形成を回避でき、境界領域 70 における遮光領域のない構造の位相シフトマスクを製造することができるので、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0066】

実施の形態 6.

図 8 は、この発明の実施の形態 6 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、80 はレジスト膜、82 は位相シフトパターン、83 は凹部である。その他の構成要素は、実施の形態 5 で説明したものと同一のもので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0067】

次に動作について説明する。

先ず、図 8 の (a) に示す様に、透明ガラス基板 10 上に遮光パターン 61 を形成する。次に、透明ガラス基板 10 および遮光パターン 61 上にレジスト膜 80 を形成する。この場合、透明ガラス基板 10 上に遮光パターン 61 が形成されているので、図 8 の (b) に示すように、レジスト膜 80 は凸部形状の複雑なトポグラフィーを有する。

【0068】

次に、図 8 の (c) および (d) に示すように、レジスト膜 80 及び遮光パターン 61 をマスクにして透明ガラス基板 10 を選択エッチングすると、凹部 83 が透明ガラス基板 10 内に形成され、位相シフトパターン 82 が遮光パターン 61 の近隣に形成される。

【0069】

次に、化学的機械的研磨を行うと、図 8 の (e) に示すように、位相シフトパターン 82 と透明ガラス基板 10 との境界領域 70 の角は除去され、そこでは徐々に位相が変化する部分が形成される。これは、化学的機械的研磨を実施することにより、中間位相シフターが自動的に形成されていることと等化となる。つまり、境界領域 70 は、典型的な位相矛盾箇所であるが、化学的機械的研磨を実施することにより位相矛盾箇所の形成を回避できるので、境界領域 70 で遮光領域が形成されない。さらに、図 8 の (d) に示す様に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、例えば、図 24 の (d) に示した従来のものと比較して、位相シフト部等が形成されている箇所以外では平坦化されている。これにより、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0070】

以上のように、この実施の形態 6 によれば、化学的機械的研磨を実施することにより、境界領域 70 で位相矛盾箇所の形成を回避でき、境界領域 70 における遮光領域のない構造の位相シフトパターンを有するフォトマスクを製造することができる。また、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーが平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく

、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0071】

実施の形態 7.

図 9 の (a) ~ (c) は、この発明の実施の形態 7 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、63 は位相シフトパターンである。その他の構成要素は、実施の形態 5 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0072】

次に動作について説明する。

先ず、図 9 の (a) に示す様に、透明ガラス基板 10 上に形成した凹部内に遮光パターン 11 を形成する。これは、図 2 を用いて説明した実施の形態 2 の製造方法を用いる。

【0073】

次に、遮光パターン 11 を含む透明ガラス基板 10 上に SOG (Spin On Glass) 等のシフター材を用いて位相シフト膜 60 を塗布する。透明ガラス基板 10 の表面は平坦なので、図 9 の (b) に示すように、位相シフト膜 60 の表面は平坦となる。この位相シフト膜 60 を選択エッチングすると、図 9 の (c) に示す様に、均一の膜厚を有する位相シフトパターン 63 が形成される。

【0074】

以上のように、この実施の形態 7 によれば、実施の形態 1 のフォトマスク上に、位相シフトパターンを形成した構成のフォトマスクを得ることができるので、この位相シフトマスクを用いて半導体集積回路装置を製造する場合、光学像のコントラストを向上することができる。

【0075】

実施の形態 8.

図 9 の (d) は、この発明の実施の形態 8 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、70 は透明ガラス基板 10 と位相シフトパターン 63 との境界領域である。その他の構成要素は、実施の形態 7 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0076】

次に動作について説明する。

図9の(a)～(c)で示した実施の形態7の製造方法で得られたフォトマスクを、さらに化学的機械的研磨を行うと、図9の(d)の右側に示す様に、境界領域70の位相シフトパターンの膜厚が徐々に薄く形成されたフォトマスクが得られる。従って、図9の(d)の右側部分に示す様に、遮光パターン11上に形成された位相シフトパターン63において、位相シフトパターン63と透明ガラス基板10との境界領域70は、角がとれて徐々に位相が変化した構造となっている。これは、化学的機械的研磨を実施して中間位相シフターを自動的に形成したことと等化となる。

【0077】

つまり、境界領域70は、典型的な位相矛盾箇所であるが、化学的機械的研磨を実施することにより位相矛盾箇所の形成を回避できるので、境界領域70で遮光領域が形成されない。さらに図9の(d)に示す様に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、洗浄工程におけるブラシ41等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0078】

以上のように、この実施の形態8によれば、実施の形態1の製造方法で得られたフォトマスク上に、位相シフトパターンを形成した構成のフォトマスクを形成することができるので、このフォトマスクを用いて半導体集積回路装置を製造する場合、光学像のコントラストを向上することができ、またフォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されているので、洗浄工程におけるブラシ41等による機械的なストレスの発生はなく洗浄工程での耐久性が高くなる。

【0079】

実施の形態9.

図10の(a)～(d)は、この発明の実施の形態9によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、100はレジスト膜、101はレジストパターン、102は位相シフトパターン、103は凹部である。その他の構成要素は、実施の形態6で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、

ここではその説明を省略する。

【0080】

次に動作について説明する。

先ず、図2に示した実施の形態2のフォトマスクの製造方法に従って、図10の(a)に示すような、凹部に遮光パターン11が形成された表面が平坦な構造を有するフォトマスクを形成する。

次に、レジスト膜100を、遮光パターン11が形成された透明ガラス基板10上に塗布する。本発明の製造方法で形成されたフォトマスクは、遮光パターン11が凹部に形成されているので、その表面が平滑化され平面となるので、レジスト膜100も平坦となる。

【0081】

一方、図24の(b)に示した従来の製造方法で形成されたフォトマスクにおけるレジスト膜224の表面は、透明ガラス基板220の平面上に遮光パターン111が複雑なトポグラフィーとなって形成されているので、その表面には複雑なトポグラフィーが形成される。

【0082】

次に、図10の(b)で得られたレジスト膜100を現像すると、図10の(c)に示すレジストパターン101が得られる。次に、レジストパターン101と遮光パターン11とをマスクとして、透明ガラス基板10を選択エッチングすると、図10の(d)に示す様な凹部103を有する位相シフトパターン102が形成される。

【0083】

以上のように、この実施の形態9によれば、実施の形態1のフォトマスク上に、位相シフトパターンを形成した構成の位相シフトパターンを備えたフォトマスクを得ることができるので、このフォトマスクを用いて半導体集積回路装置を製造する場合、光学像のコントラストを向上することができ、またフォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されているので、洗浄工程におけるブラシ41等による機械的なストレスの発生はなく洗浄工程での耐久性が高くなる。

【0084】

実施の形態 10.

図 10 の (e) は、この発明の実施の形態 10 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図であり、図において、70 は透明ガラス基板 10 と位相シフトパターン 102 との境界領域である。その他の構成要素は、実施の形態 9 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付して、ここではその説明を省略する。

【0085】

次に動作について説明する。

図 10 の (a) ~ (d) で示した実施の形態 9 の製造方法で得られたフォトマスクの表面をさらに化学的機械的研磨を行って、図 10 の (e) に示す様なフォトマスクを形成する。位相シフトパターン 102 と透明ガラス基板 10 との境界領域 70 で形成される角は除去され、徐々に位相が変化する構成が形成される。従って、化学的機械的研磨を実施することで、中間位相シフターを自動的に形成したものと等化となる。つまり、境界領域 70 は、典型的な位相矛盾箇所であるが、化学的機械的研磨を実施することにより位相矛盾箇所の形成を回避できるので、境界領域 70 で遮光領域が形成されない。さらに、図 10 の (d) に示す様に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、例えば、図 24 の (d) に示した従来のものと比較して、位相シフト部等が形成されている箇所以外では平坦化されている。これにより、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0086】

以上のように、この実施の形態 10 によれば、実施の形態 9 の製造方法により得られたフォトマスクに化学的機械的研磨を実施することにより、境界領域 70 で位相矛盾箇所の形成を回避でき、境界領域 70 における遮光領域のない構造の位相シフトパターンを有するフォトマスクを製造することができるので、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0087】

実施の形態 11.

図 11 は、この発明の実施の形態 11 によるレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図 11 の (b), (c), (d), および (f) は、実施の形態 2~10 によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能なレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図 11 の (a), (e), (g), および (h) のレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクは、従来のフォトマスクの製造方法で形成されたものである。尚、各構成要素は、実施の形態 1~10 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0088】

次に動作について説明する。

位相シフトパターンを持つフォトマスクは、位相シフトパターンが形成される位相シフト部、遮光パターンが形成される遮光部、放射線が透明する透過部の配置により、放射線の結像原理や、効果が異なってくる。

【0089】

従来のレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図 11 の (b), (c), (d), および (f) に示す実施の形態 11 のレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクの構造は、位相シフターの膜厚が均一であり、フォトマスク表面が平坦なので、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図 11 の (a), (e), (g), および (h) に示したものと比較して、平坦化されている。これにより、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。また、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0090】

以上のように、この実施の形態 11 によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、図 11 の (b), (c), (d), および (f) に示した様に、シフター部の段差が低減されているので、導波管効果が緩和され、シフター部と透過部との差が減少して、例えば、このフォトマスクを半導体集積回路装置の製造に用いる場合、結像性能が向上することができる。また、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、従来のものと比較して平坦

化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0091】

実施の形態 12.

図 12 および図 13 は、この発明の実施の形態 12 による補助シフター型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図 12 および図 13 の (b), (c), (d), および (f) は、実施の形態 2~10 によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能なレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図 12 および図 13 の (a), (e), (g), および (h) の補助シフター型位相シフトパターンを有するフォトマスクは、従来のフォトマスクの製造方法で形成されたものである。尚、各構成要素は、実施の形態 1~10 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0092】

次に動作について説明する。

従来の補助シフター型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図 12 および図 13 の (b), (c), (d), および (f) に示した実施の形態 12 の補助シフター型位相シフトパターンを有する有するフォトマスクの構造は、位相シフターの膜厚が均一であり、フォトマスク表面が平坦なので、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図 12 および図 13 の (a), (e), (g), および (h) に示したものと比較して、平坦化されている。これにより、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。また、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0093】

以上のように、この実施の形態 12 によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。つまり、図 12 および図 13 の (b), (c), (d), および (f) に示した様に、シフター部の段差が低減されているので、導波管効果が緩

和され、シフター部と透過部との差が減少して、例えば、このフォトマスクを半導体集積回路装置の製造に用いる場合、結像性能が向上することができる。また、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図 12 および図 13 の (a), (e), (g), および (h) に示したものと比較して平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0094】

実施の形態 13.

図 14 および図 15 は、この発明の実施の形態 13 によるエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図 14 および図 15 の (b), (c), (d), および (f) は、実施の形態 2～10 によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能なエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図 14 および図 15 の (a), (e), (g), および (h) のエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクは、従来のフォトマスクの製造方法で形成されたものである。尚、各構成要素は、実施の形態 1～10 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0095】

次に動作について説明する。

従来のエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図 14 および図 15 の (b), (c), (d), および (f) に示した実施の形態 13 のエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクの構造は、位相シフターの膜厚が均一であり、フォトマスク表面が平坦であり、特に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、例えば、図 14 および図 15 の (a), (e), (g), および (h) に示したものと比較して、平坦化されているので、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。また、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0096】

以上のように、この実施の形態 13 によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。つまり、図 14 および図 15 の (b), (c), (d), および (f) に示した様に、シフター部の段差が低減されているので、導波管効果が緩和され、シフター部と透過部との差が減少して、例えば、このフォトマスクを半導体集積回路装置の製造に用いる場合、結像性能が向上することができる。また、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図 14 および図 15 の (a), (e), (g), および (h) のものと比較して平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0097】

実施の形態 14.

図 16 は、この発明の実施の形態 14 によるハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図 16 の (b) は、実施の形態 2 によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能なハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図 16 の (a) に示す構造のハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクは、従来のフォトマスクの製造方法で形成されたものである。尚、各構成要素は、実施の形態 1 ~ 10 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0098】

次に動作について説明する。

従来のハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図 16 の (b) に示した実施の形態 14 のハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクの構造は、フォトマスク表面が平坦であり、特に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図 16 の (a) のものと比較して平坦化されているので、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、洗浄工程での耐久性が高い。

【0099】

ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクにおけるハーフトーン材料としては、MoSiON、CrON等の酸化窒化膜を使用する。

【0100】

以上のように、この実施の形態14によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ41等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0101】

実施の形態15.

図17は、この発明の実施の形態15による遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図17の(b), (c), (d), および(f)は、実施の形態2~10によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能な遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図17の(a), (e), (g), および(h)に示す構造の遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクは、従来のフォトマスクの製造方法で形成されたものである。尚、各構成要素は、実施の形態1~10で説明したものと同一のもので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0102】

次に動作について説明する。

従来の遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図17の(b), (c), (d), および(f)に示した実施の形態15の遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクの構造は、フォトマスク表面が平坦であり、特に、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図17の(a), (e), (g), および(h)のものと比較して、平坦化されているので、洗浄工程におけるブラシ41等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0103】

以上のように、この実施の形態 15 によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0104】

実施の形態 16.

図 18 および図 19 は、この発明の実施の形態 16 による遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図 18 および図 19 の (b), (c), (d), および (f) は、実施の形態 2~10 によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能な遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図 18 および図 19 の (a), (e), (g), および (h) に示す構造の遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクは、従来のフォトマスクの製造方法で形成されたものである。尚、各構成要素は、実施の形態 1~10 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0105】

次に動作について説明する。

図 18 および図 19 の (a), (e), (g), および (h) に示す構造の遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図 18 および図 19 の (b), (c), (d), および (f) に示した実施の形態 16 の遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクの構造は、フォトマスク表面が平坦であり、シフターの膜厚が均一に形成されているので、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。また、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0106】

以上のように、この実施の形態 16 によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。つまり、図 18 および図 19 の (b), (c), (d), および

(f) に示した様に、シフター部の段差が低減されているので、導波管効果が緩和され、シフター部と透過部との差が減少して、例えば、このフォトマスクを半導体集積回路装置の製造に用いる場合、結像性能が向上することができる。また、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、図 18 および図 19 の (a), (e), (g), および (h) に示したものと比較して、より平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0107】

実施の形態 17.

図 20 は、この発明の実施の形態 17 による中間位相型シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図であり、特に、図 20 の (b), (c), (d), および (f) は、実施の形態 2 ~ 10 によるフォトマスクの製造方法を使用してのみ形成可能な中間位相型位相シフトパターンを有するフォトマスクである。また、図 20 の (a), (e), (g), および (h) に示す構造の中間位相型位相シフトパターンを有するフォトマスクにおける境界領域 70 以外の構成は、従来のフォトマスクの製造方法で形成したものである。尚、各構成要素は、実施の形態 1 ~ 10 で説明したものと同一のものであるので、同一符号を付してここではその説明を省略する。

【0108】

次に動作について説明する。

図 20 の (a), (e), (g), および (h) に示す構造の中間位相型位相シフトパターンを有するフォトマスクと比較した場合、図 20 の (b), (c), (d), および (f) に示した実施の形態 17 の中間位相型位相シフトパターンを有するフォトマスクの構造は、フォトマスク表面が平坦であり、シフターの膜厚が遮光パターンの近傍でも変化せず均一に形成されているので、位相を高精度に制御でき、光学像のコントラストが向上する。また、洗浄工程におけるブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高い。

【0109】

以上のように、この実施の形態 17 によれば、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは平坦化されており、位相制御性が向上し、光学像のコントラストが向上する。つまり、図 20 の (b), (c), (d), および (f) に示した様に、シフター部の段差が低減されているので、導波管効果が緩和され、シフター部と透過部との差が減少して、例えば、このフォトマスクを半導体集積回路装置の製造に用いる場合、結像性能が向上することができる。また、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィーは、従来のもものと比較して平坦化されているので、洗浄工程においてブラシ 41 等による機械的なストレスの発生はなく、つまり洗浄工程での耐久性が高いフォトマスクを得ることができる。

【0110】

実施の形態 18.

図 21 は、この発明の実施の形態 1 ~ 17 に係る高精度のフォトマスクを使用し半導体集積回路装置を製造するために使用される投影露光装置（ステップ アンド リピート エクスポジチャー アパラタス）を示す説明図であり、図において、215 は実施の形態 1 ~ 17 に係わるフォトマスク、216 は半導体集積回路装置等の製造で使用されるウエーハ、217 はウエーハ 216 上に塗布されたレジストである。図 21 に示すこの投影露光装置は、液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置の製造に使用されるものである。

【0111】

次に動作について説明する。

図 1 ~ 図 20 に示した各実施の形態 1 ~ 17 に係るフォトマスク 215 を用いて、液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置を製造する場合、図 21 に示す投影露光装置にフォトマスク 215 を装着する。そして、ウエーハ 216 上にレジスト 217 を塗布する。

【0112】

次に、投影露光装置の露光用の光源から、単色光、電子線、レーザ光、X線等をフォトマスク 215 上に照射し、フォトマスク 215 のパターンをレジスト 217 が塗布されたウエーハ 216 上に転写する。その後、ウエーハ 216 の現像処理工程、エッチング処理工程、ホトレジストの除去工程等を経て、時にはこれ

らの処理工程を繰り返して所望の液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置を製造する。

【0113】

以上のように、この実施の形態18によれば、実施の形態1～17で得られた遮光パターン等の欠陥の少ない高品質のフォトマスクを、投影露光装置に配置して、投影露光装置の露光用の光源から得られる単色光、電子線、レーザ光、X線等をこのフォトマスク上に照射し、露光して液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置を製造するので、位相制御性が向上でき、また光学像のコントラストを向上でき、結果として、歩留まりの高い高品質の液晶ディスプレイ等の半導体集積回路装置を製造することができる。

【0114】

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、透明ガラス基板等の透明基板上の凹部に遮光パターンを形成し、遮光パターンと透明基板とが同一平面となり、またフォトマスクの表面が平滑化するように構成したので、従来のフォトマスクのように、フォトマスクの表面に複雑なトポグラフィが形成されるようなことは無く、洗浄工程における機械的・化学的研磨における機械的ストレス等に対する耐久性が大きく、従って、遮光パターン等の欠陥が少ない高品質のフォトマスクが得られ、さらに、このフォトマスクを用いて液晶ディスプレイや半導体集積回路装置を製造すれば歩留まりを向上可能であるという効果がある。

【0115】

また、この発明によれば、膜厚が均一で平坦な各種の位相シフトパターンを透明基板上に形成するように構成したので、位相シフトパターンと透明基板との境界領域で位相矛盾箇所の形成を回避でき、境界領域における遮光領域のない構造の位相シフトマスクを製造することができる。また、位相シフトパターンと透明基板との境界領域での段差が低減するように構成したので、導波管効果が緩和され、位相シフターパターンの領域と透過部との差が減少して、例えば、このフォトマスクを半導体集積回路装置の製造に用いる場合、結像性能が向上することができる。さらに、フォトマスク表面で形成されるトポグラフィは平坦化されて

おり、洗浄工程における機械的ストレスに対する耐久性が高いので、この位相シフトパターンを備えたフォトマスクを用いて液晶ディスプレイや半導体集積回路装置を製造する場合、歩留まりが向上するという効果がある。さらに、この位相シフトパターンを備えたフォトマスクを用いて液晶ディスプレイや半導体集積回路装置を製造する場合、位相制御性が向上できるので光学像のコントラストを向上でき、歩留まりが高い高品質の半導体集積回路装置を製造することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 この発明の実施の形態 1 によるフォトマスクを示す構成図である。
- 【図 2】 この発明の実施の形態 2 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 3】 化学的機械的研磨する方法で用いる装置を示す説明図である。
- 【図 4】 フォトマスクを洗浄するための洗浄工程を示す説明図である。
- 【図 5】 この発明の実施の形態 3 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 6】 この発明の実施の形態 4 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 7】 この発明の実施の形態 5 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 8】 この発明の実施の形態 6 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 9】 この発明の実施の形態 7 および実施の形態 8 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 10】 この発明の実施の形態 9 および実施の形態 10 によるフォトマスクの製造工程を示す説明図である。
- 【図 11】 この発明の実施の形態 11 によるレベンソン型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。
- 【図 12】 この発明の実施の形態 1.2 による補助シフター型位相シフトパ

ターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 13】 この発明の実施の形態 12 による補助シフター型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 14】 この発明の実施の形態 13 によるエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 15】 この発明の実施の形態 13 によるエッジ強調型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 16】 この発明の実施の形態 14 によるハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 17】 この発明の実施の形態 15 による遮光パターン付ハーフトーン型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 18】 この発明の実施の形態 16 による遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 19】 この発明の実施の形態 16 による遮光パターン付シフター遮光型位相シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 20】 この発明の実施の形態 17 による中間位相型シフトパターンを有するフォトマスクを示す構成図である。

【図 21】 この発明の実施の形態 1～17 のフォトマスクの使用に用いられる露光装置を示す説明図である。

【図 22】 従来のフォトマスクの製造法を示す説明図である。

【図 23】 従来の低反射フォトマスクの製造方法を示す説明図である。

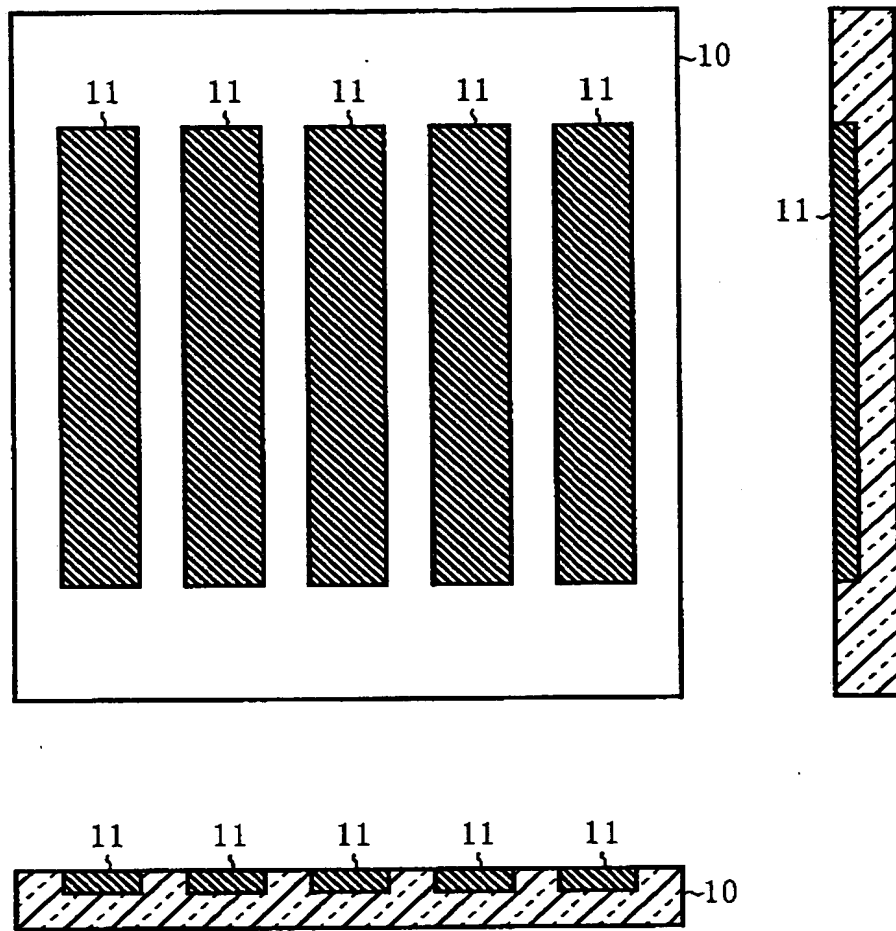
【図 24】 従来の位相シフトフォトマスクの製造方法を示す説明図である。

【符号の説明】

10, 220 透明ガラス基板（透明基板）、11, 61 遮光パターン、21, 80, 100 レジスト膜、23 凹部、24 遮光膜、50 第1の反射防止膜、51 第2の反射防止膜、60 位相シフト膜、62, 63, 82, 102 位相シフトパターン、215 フォトマスク。

【書類名】 図面

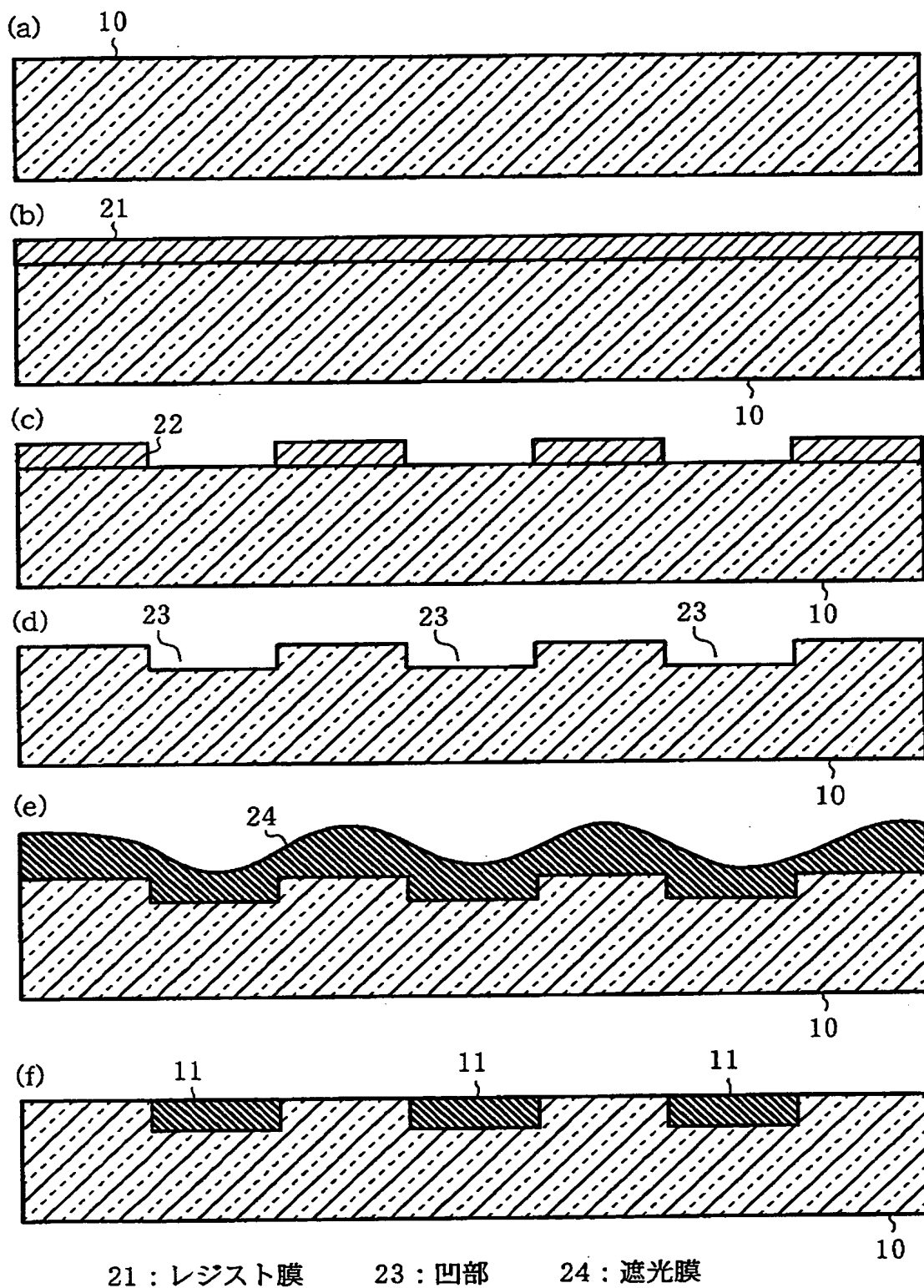
【図 1】



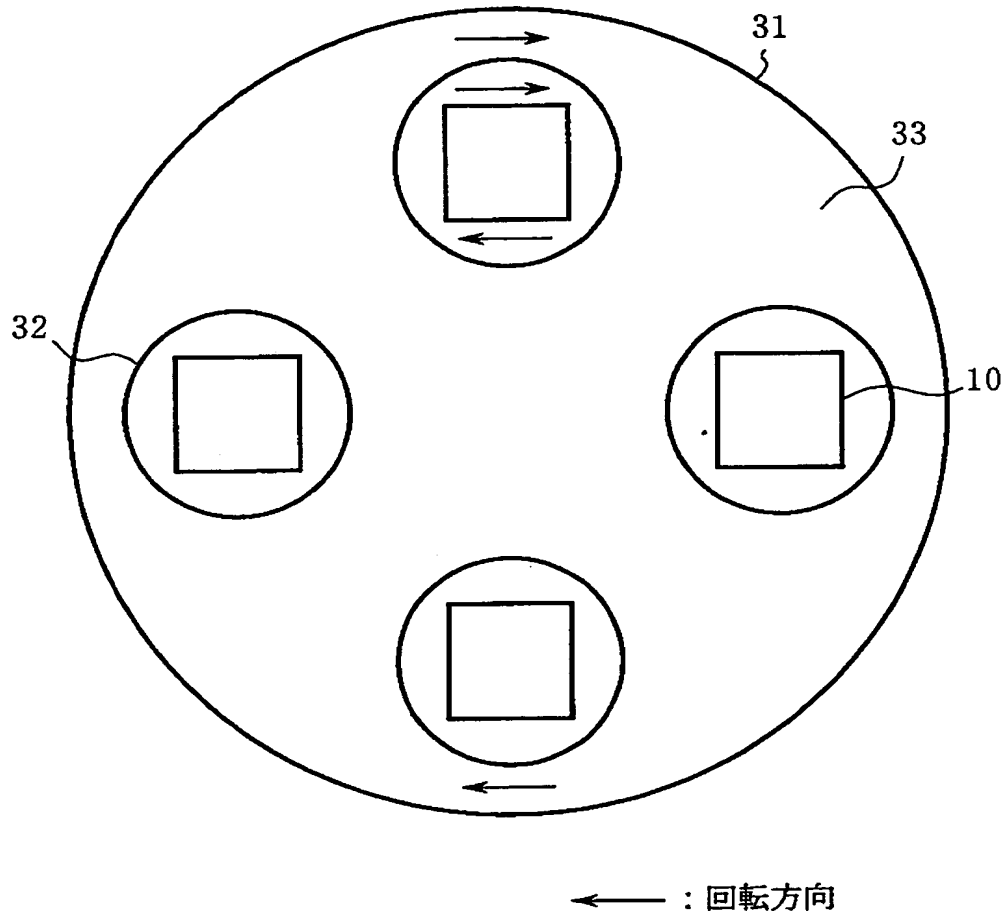
10 : 透明ガラス基板 (透明基板)

11 : 遮光パターン

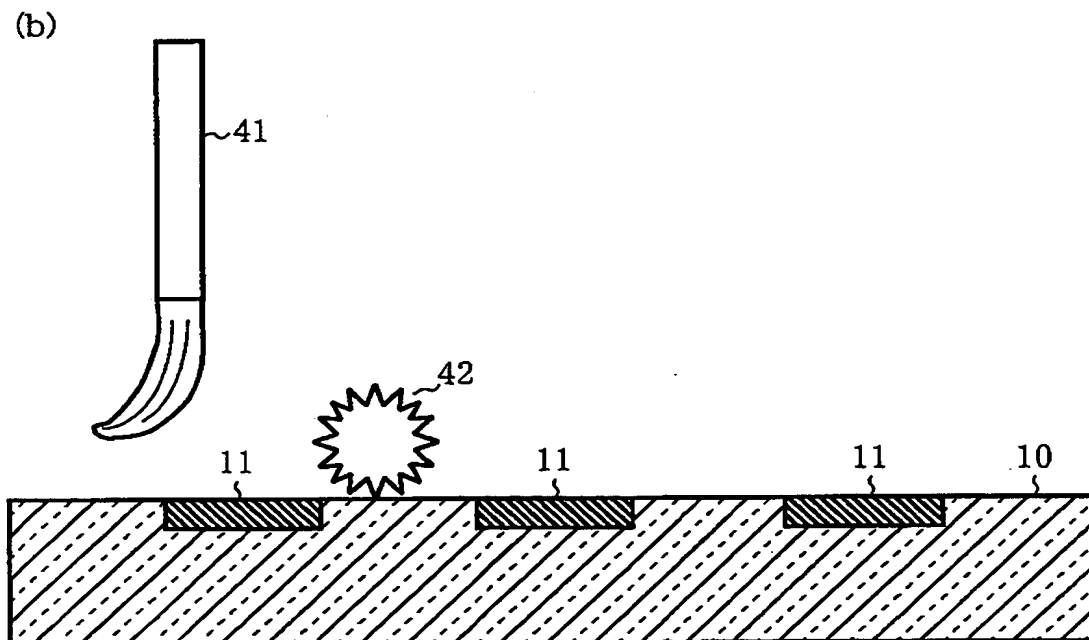
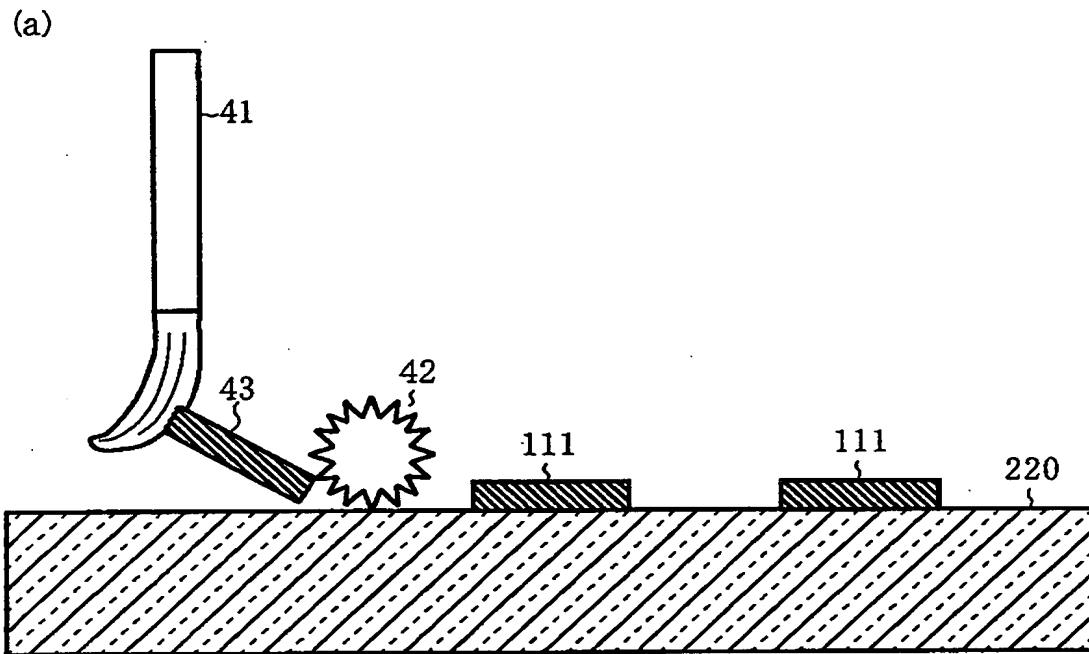
【図 2】



【図 3】

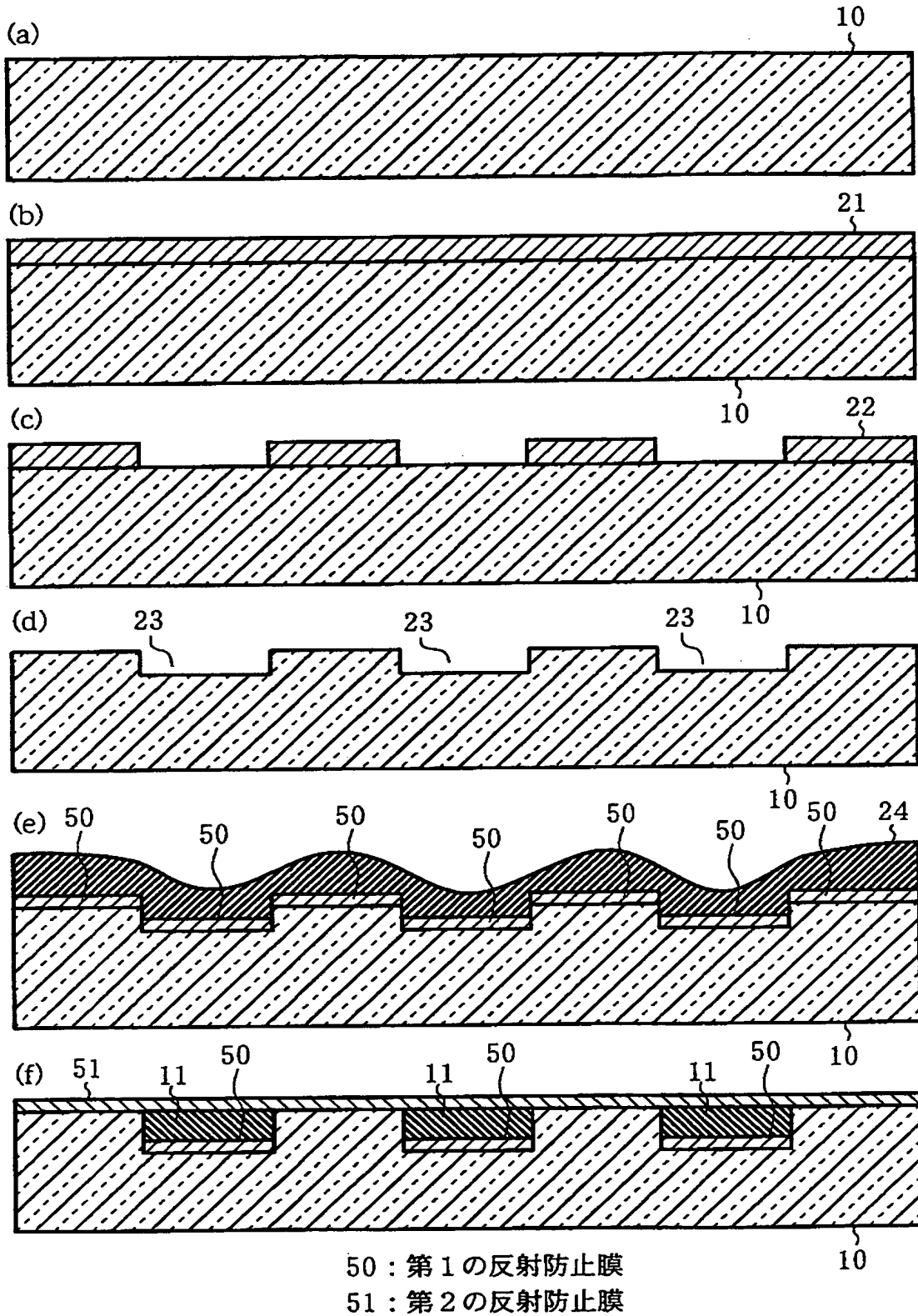


【図 4】

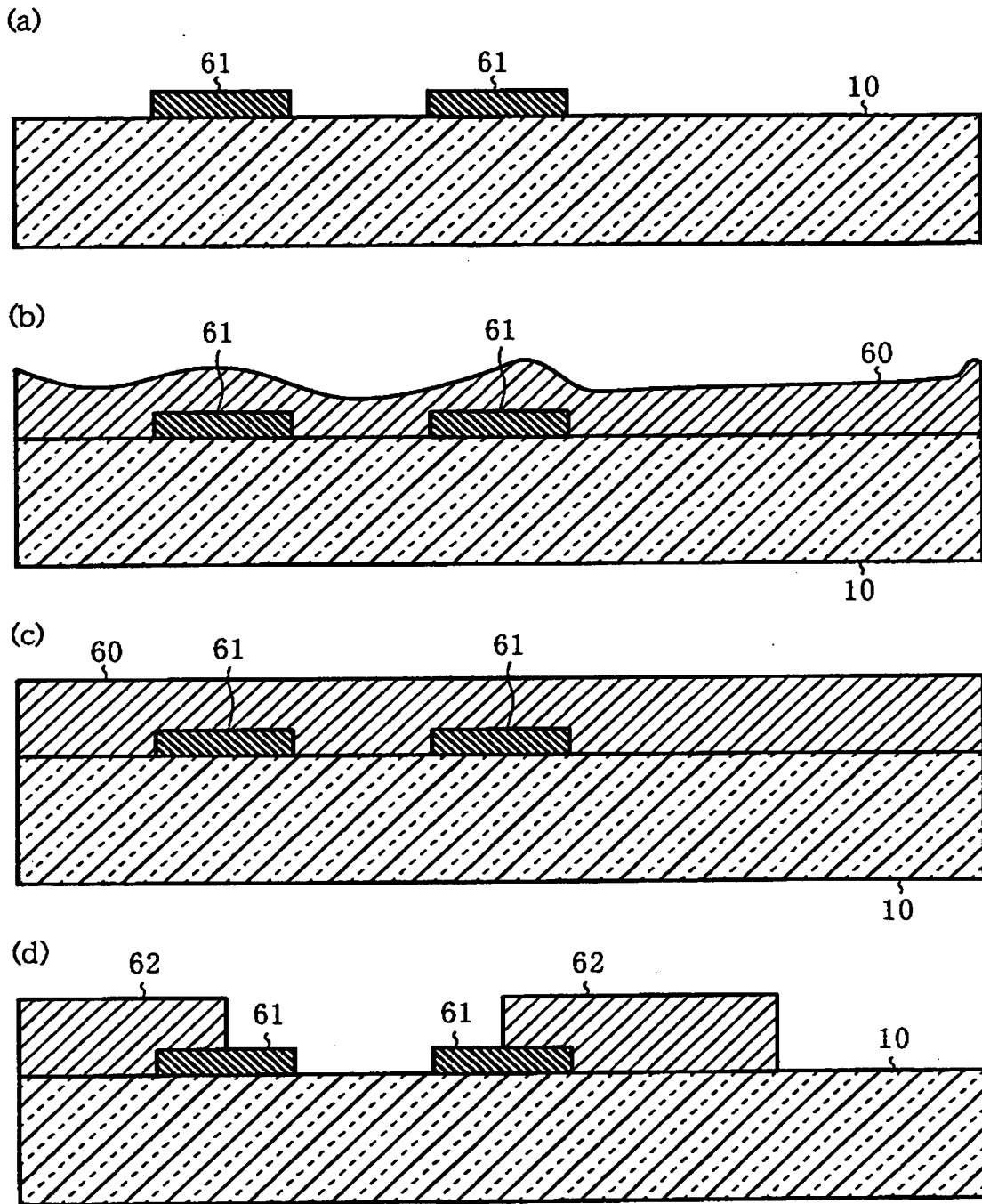


220 : 透明ガラス基板 (透明基板)

【図 5】

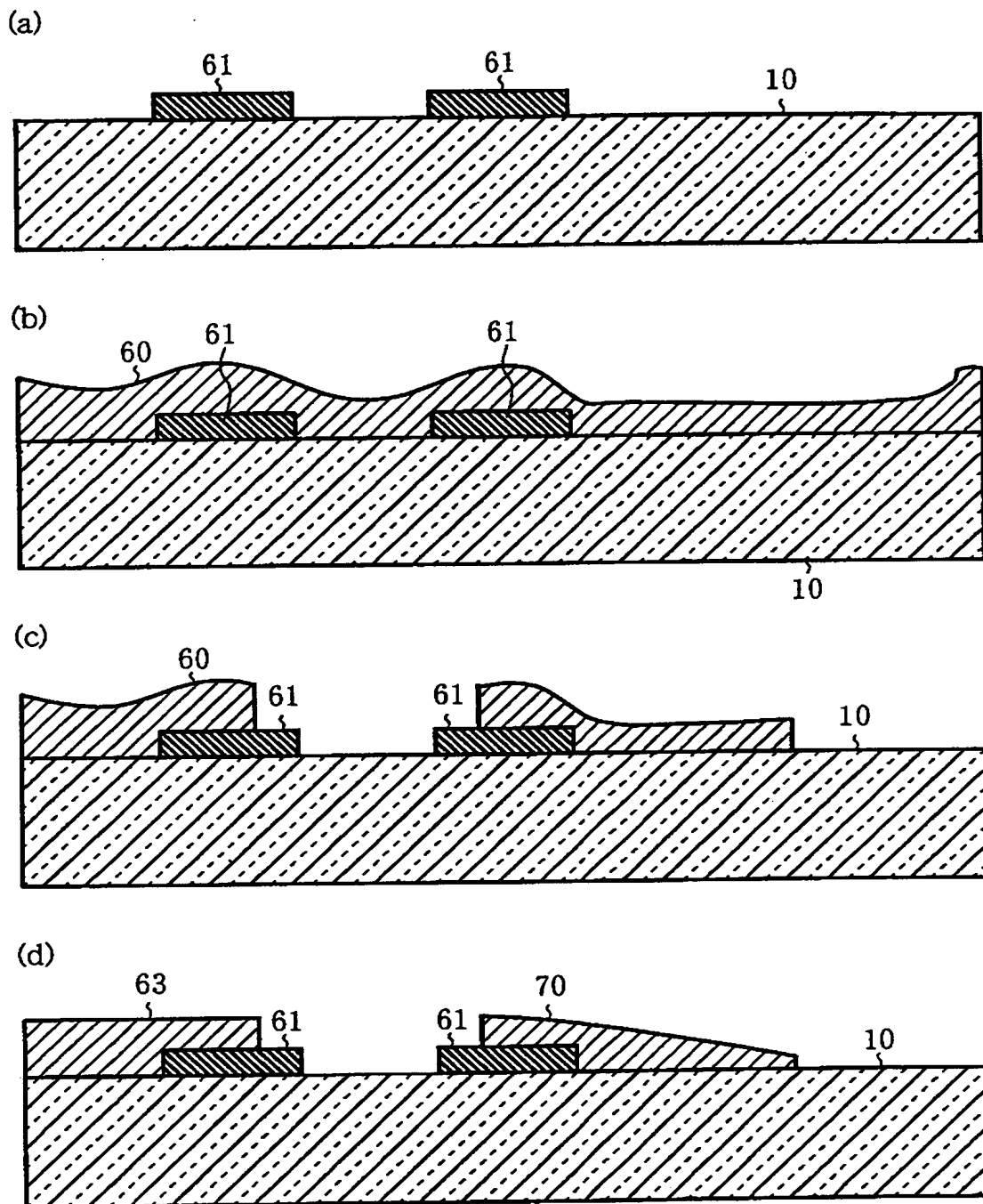


【図 6】



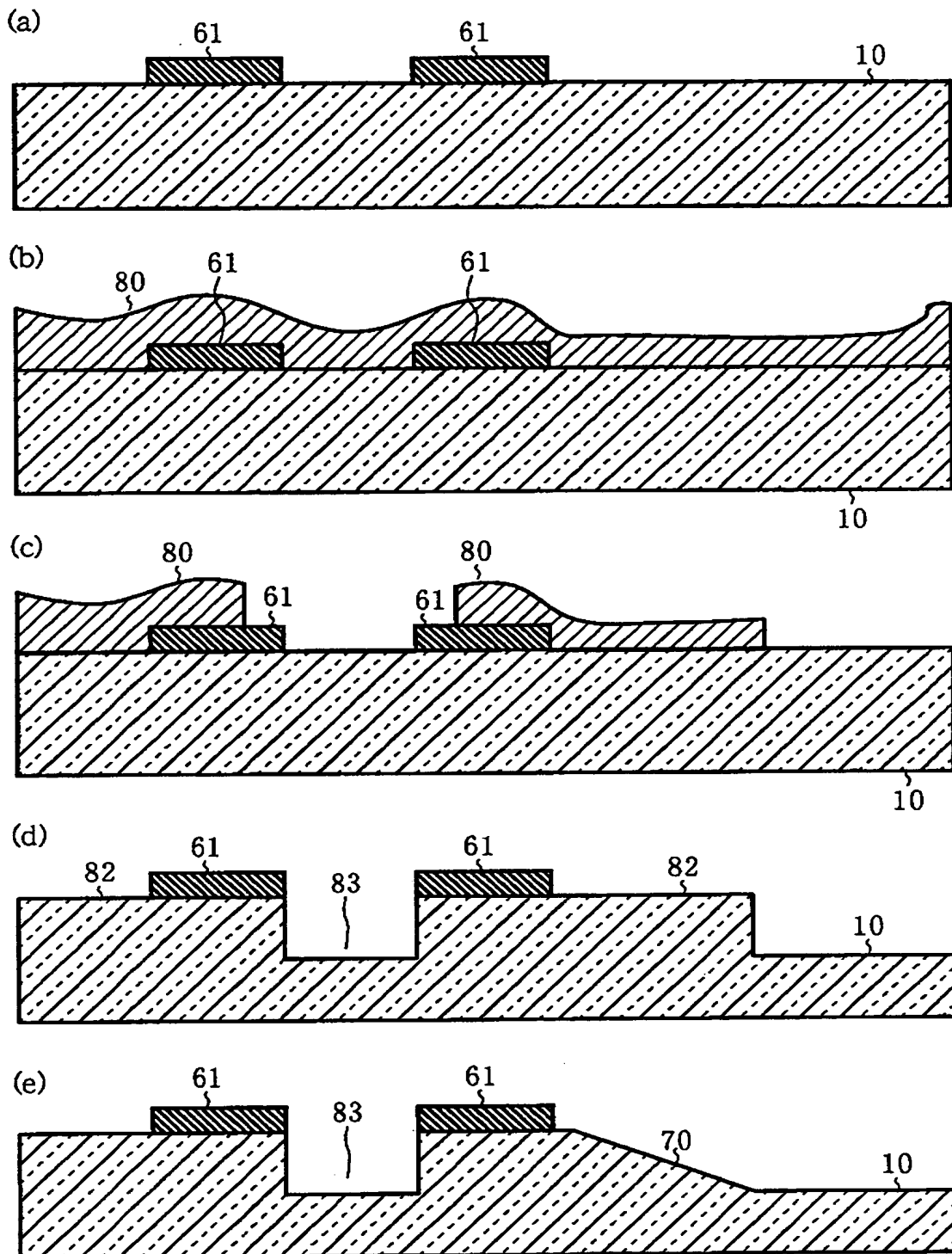
60 : 位相シフト膜
 61 : 遮光パターン
 62 : 位相シフトパターン

【図 7】



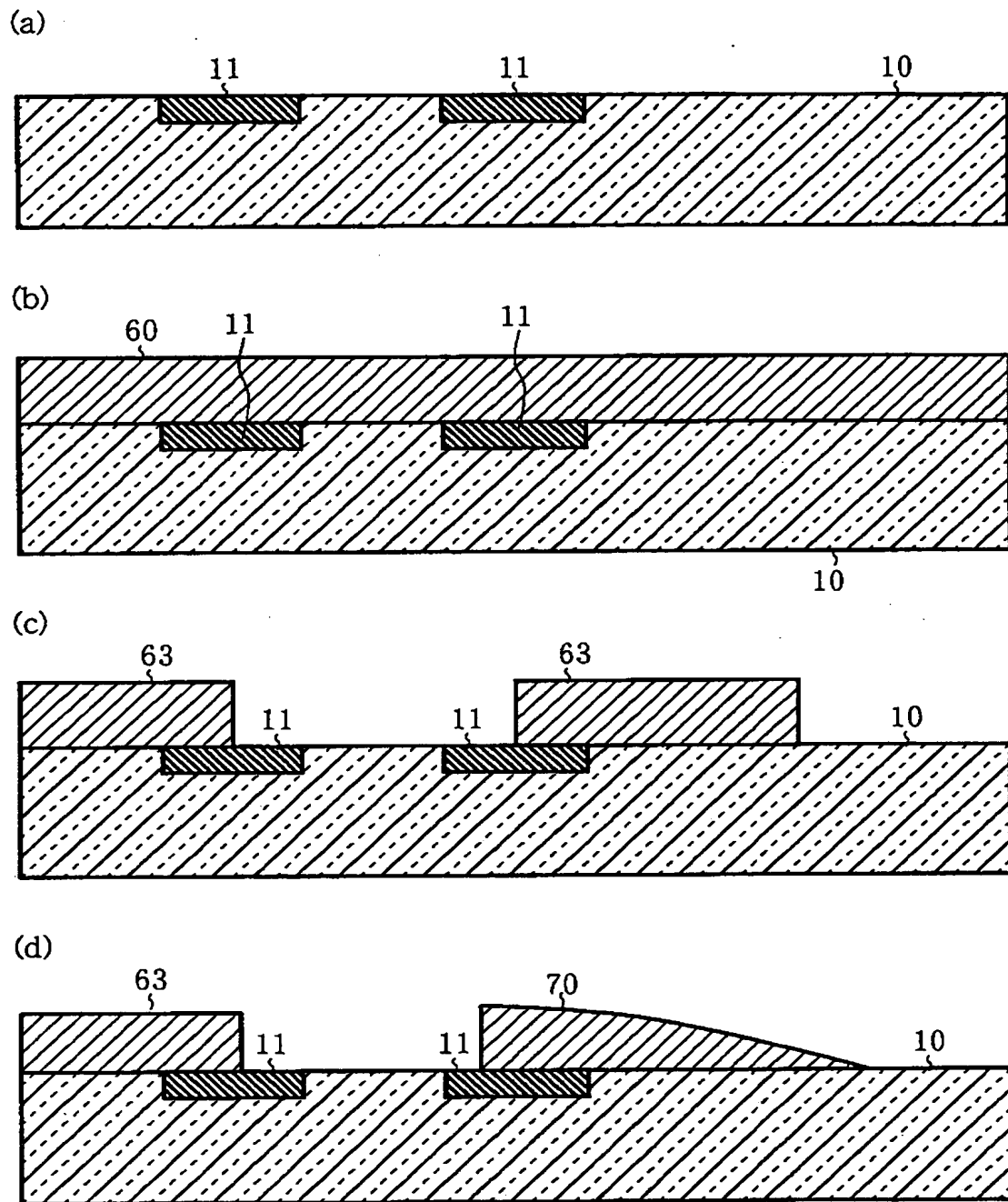
63 : 位相シフトパターン

【図 8】

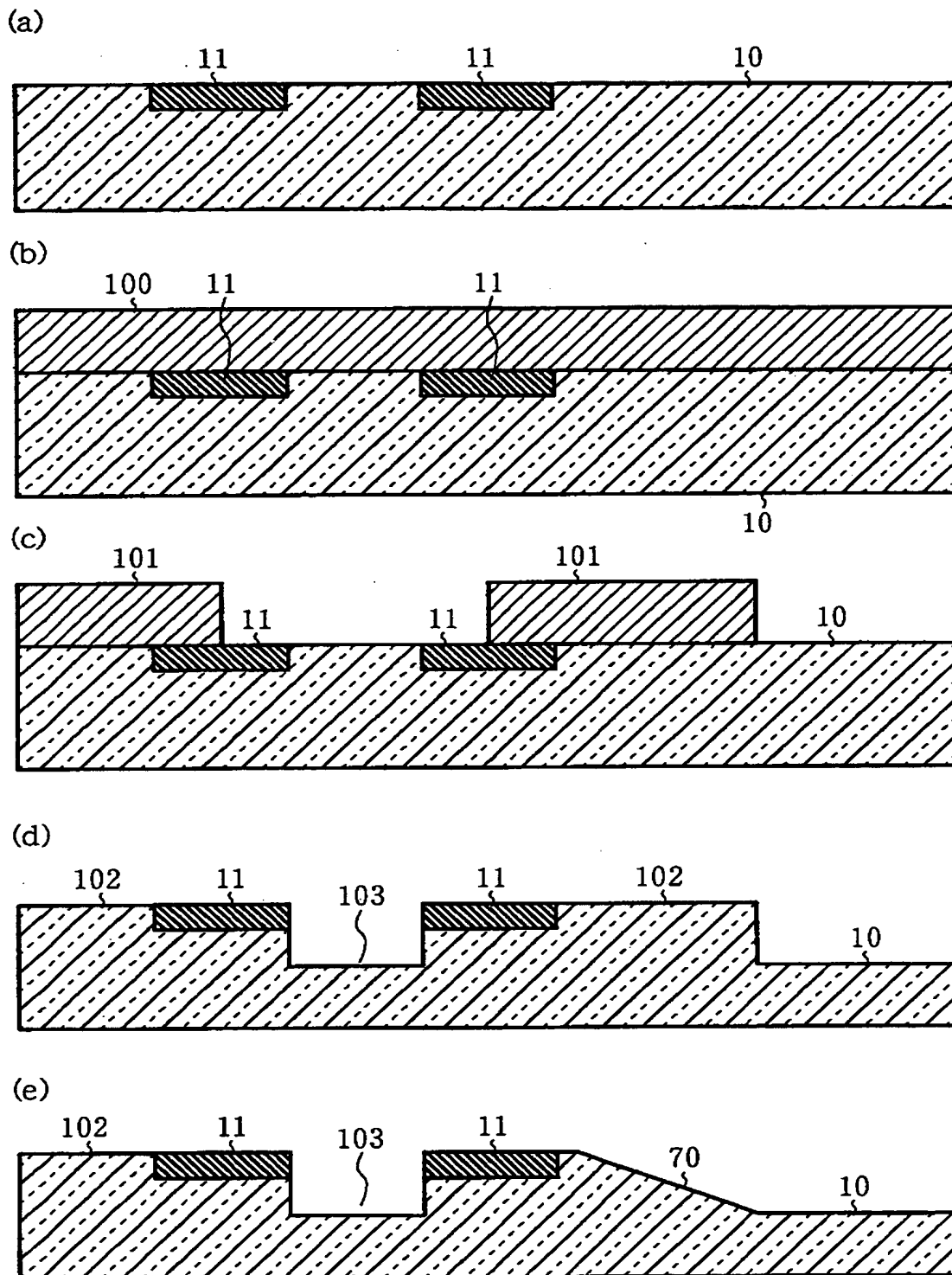


80 : レジスト膜
82 : 位相シフトパターン

【図9】

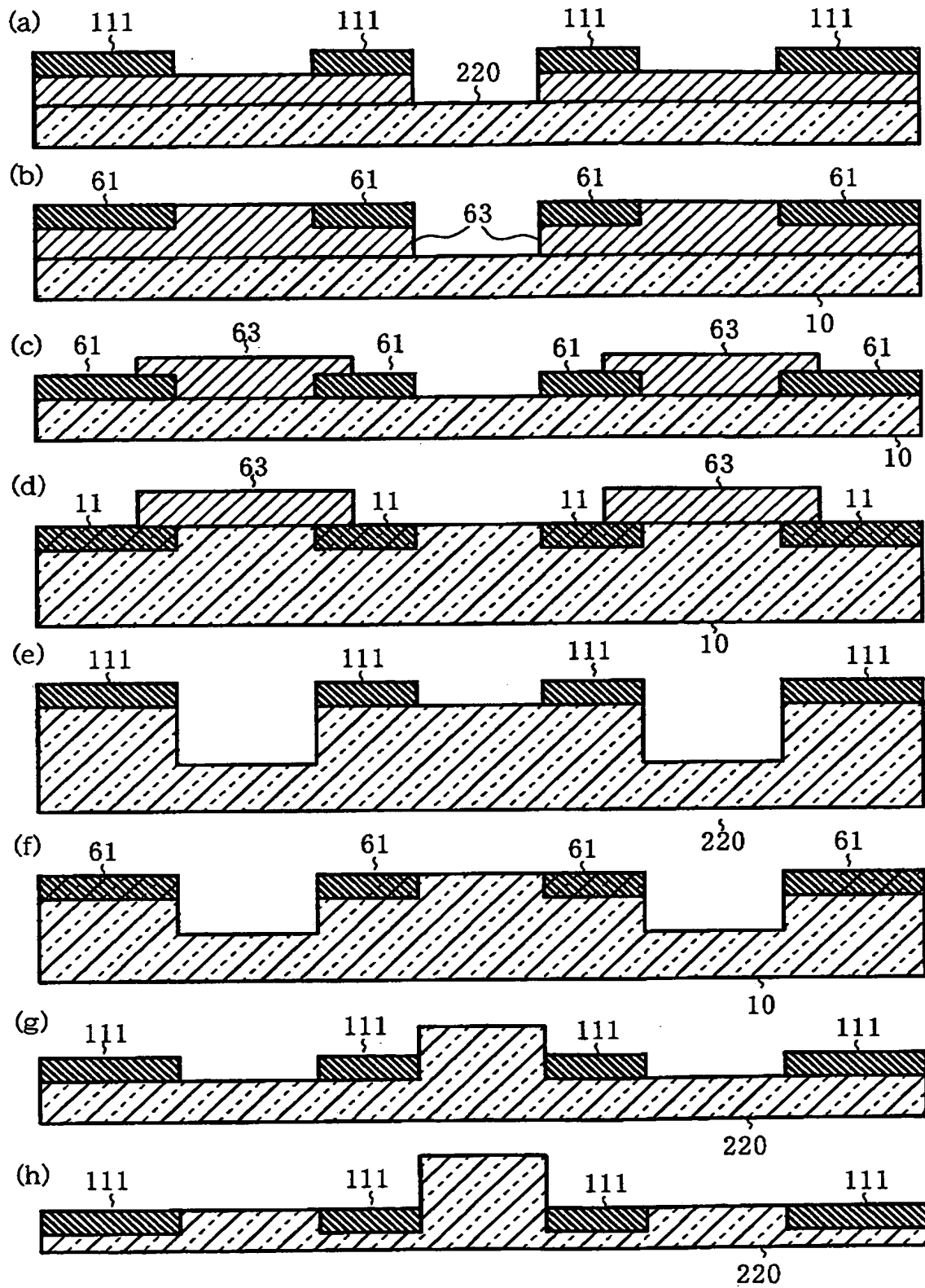


【図 10】

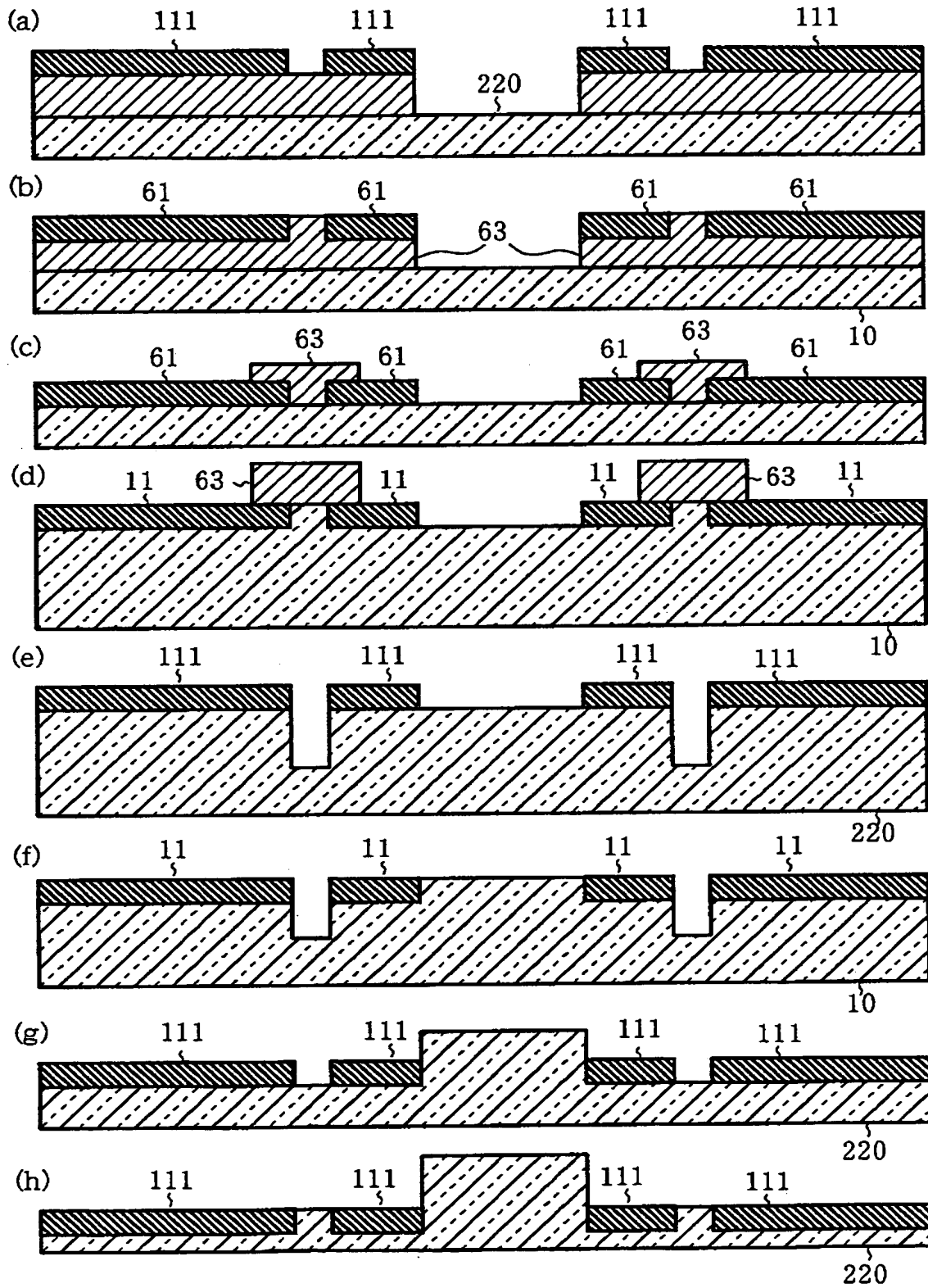


100 : レジスト膜
102 : 位相シフトパターン

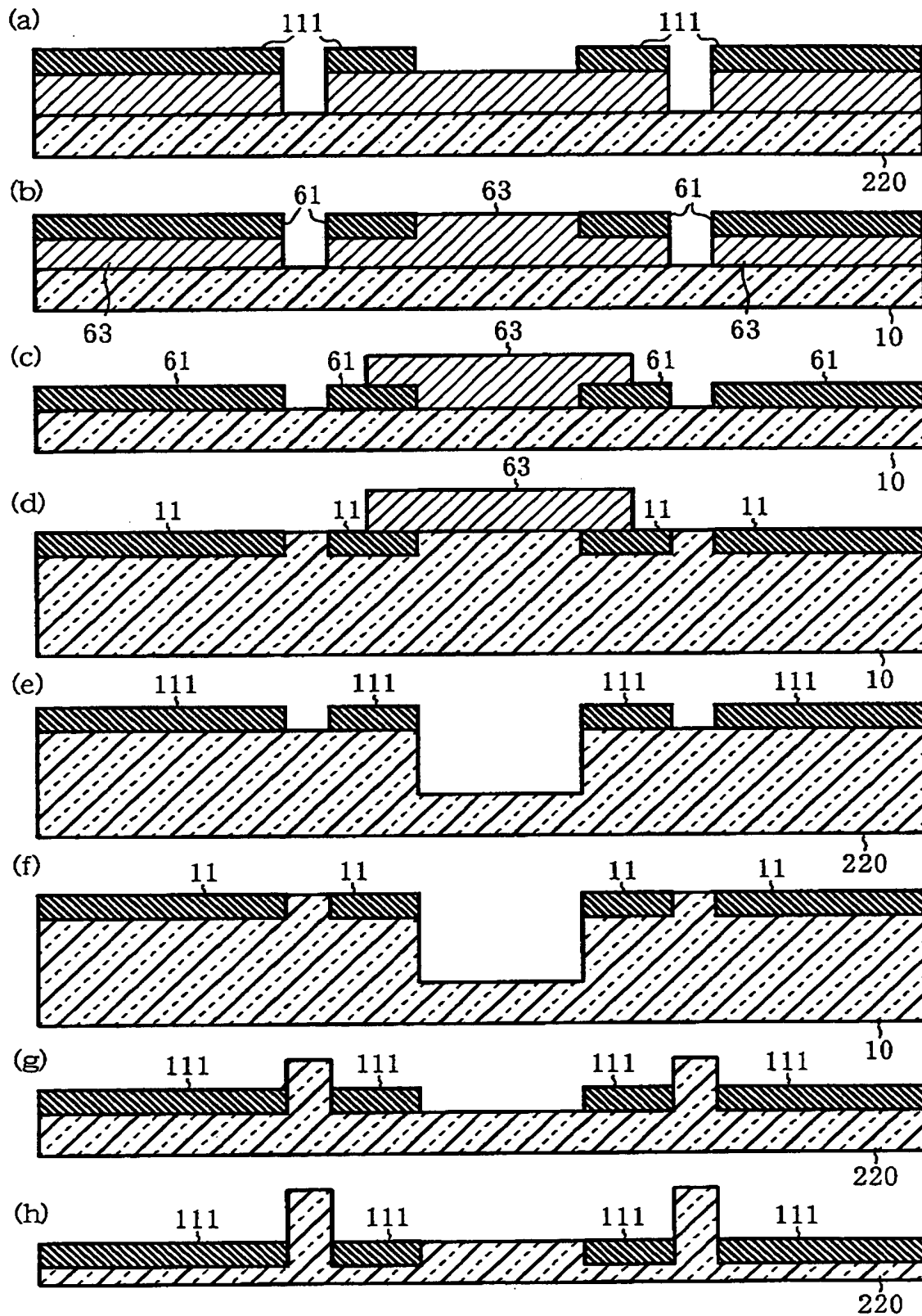
【図 11】



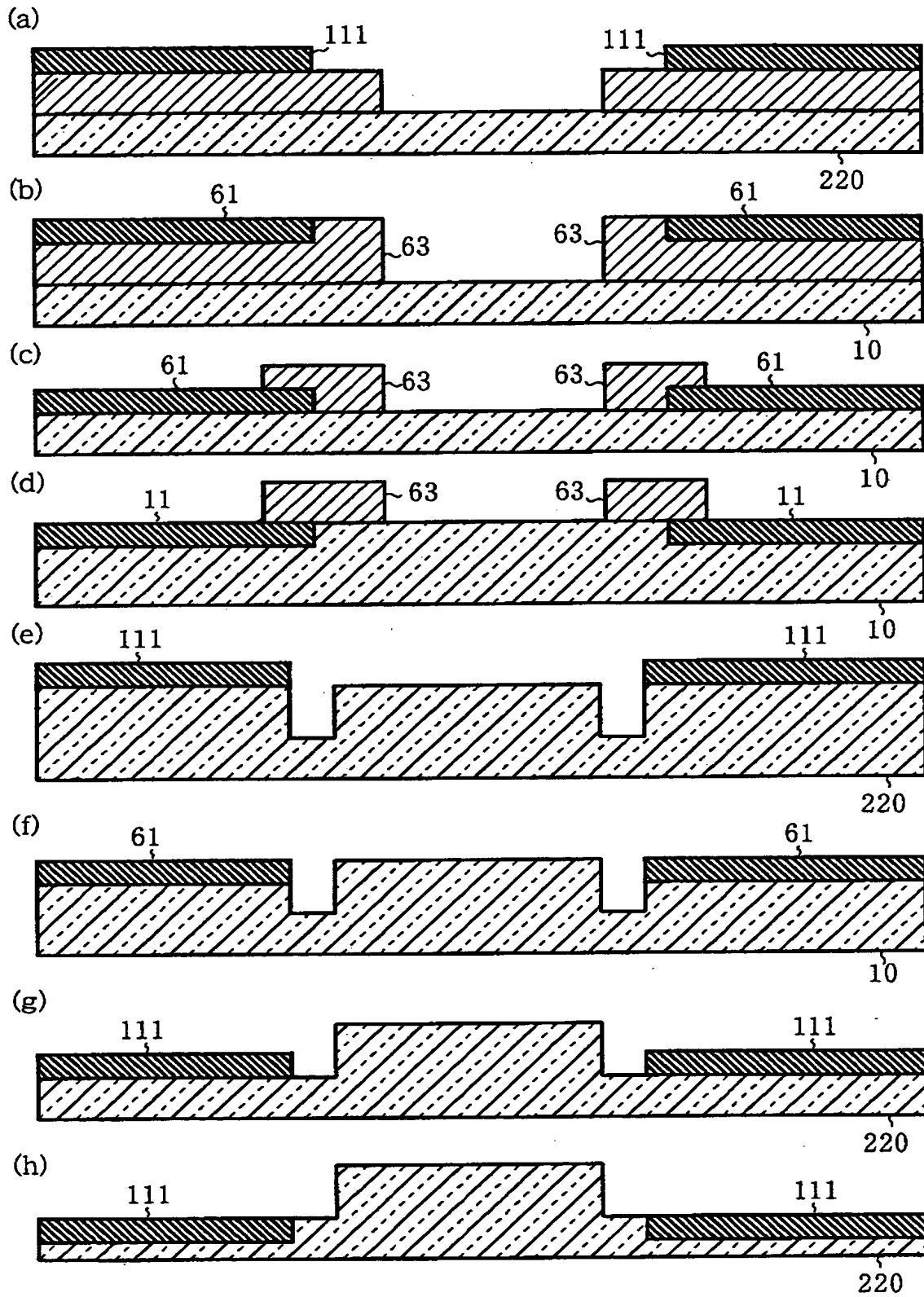
【図 12】



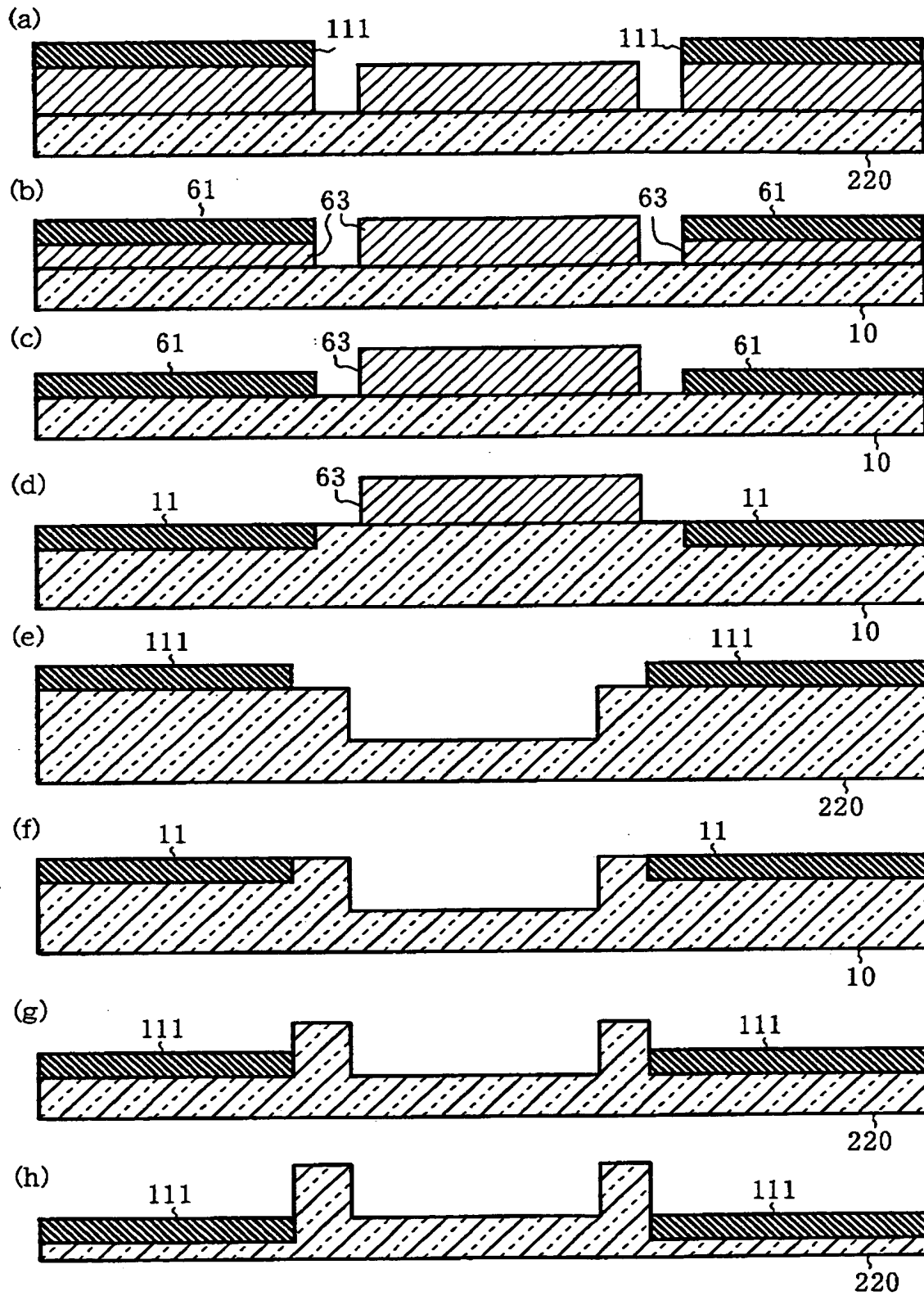
【図 13】



【図 14】

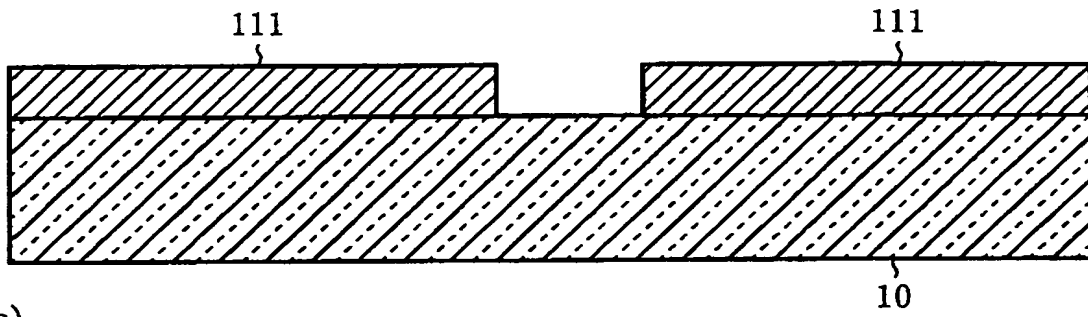


【図 15】

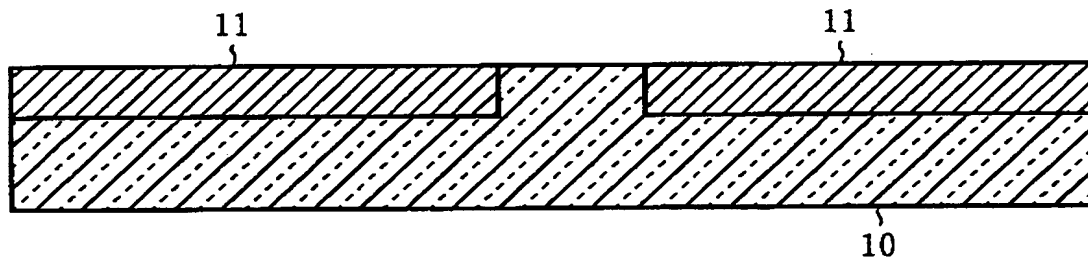


【図 1 6】

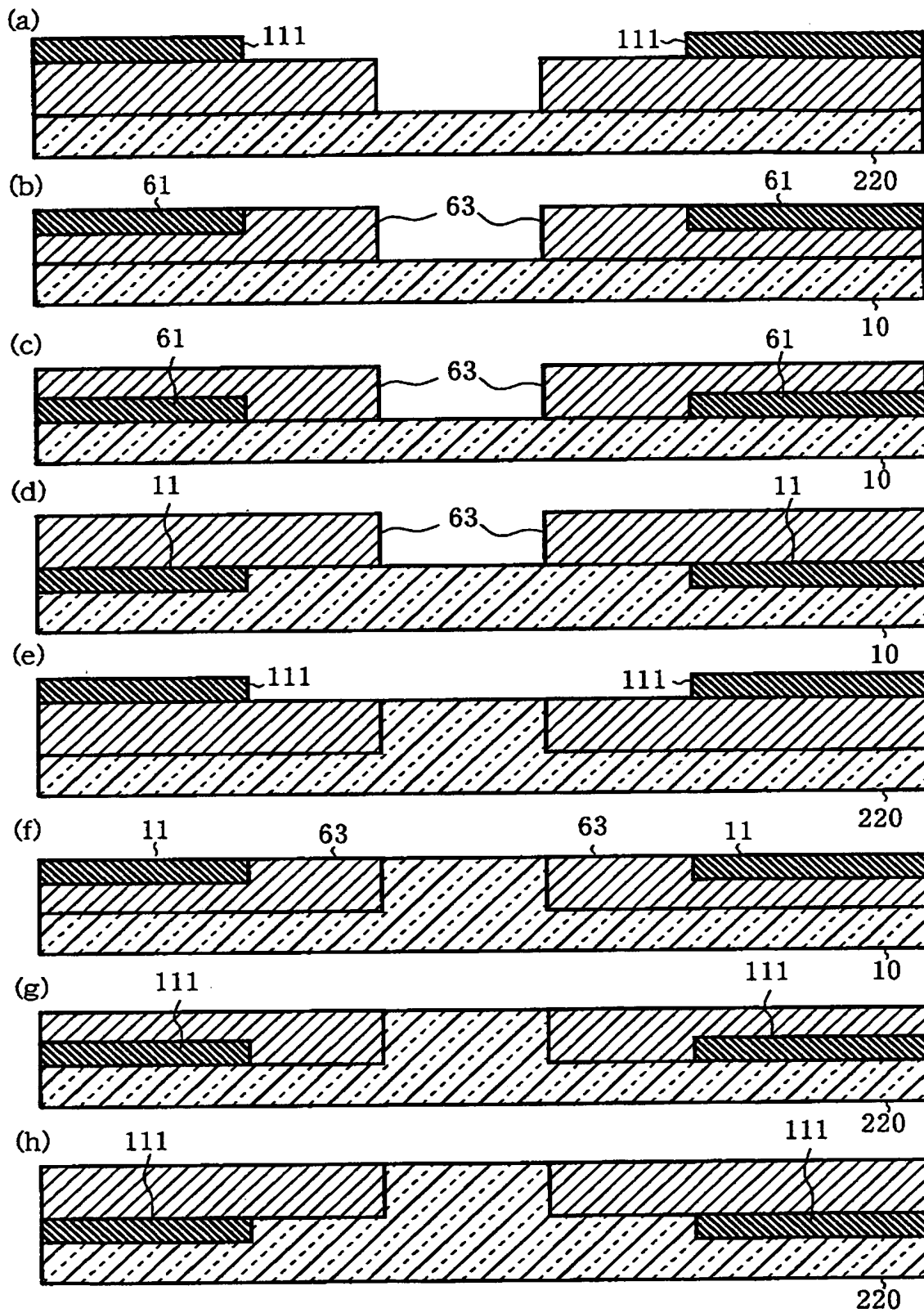
(a)



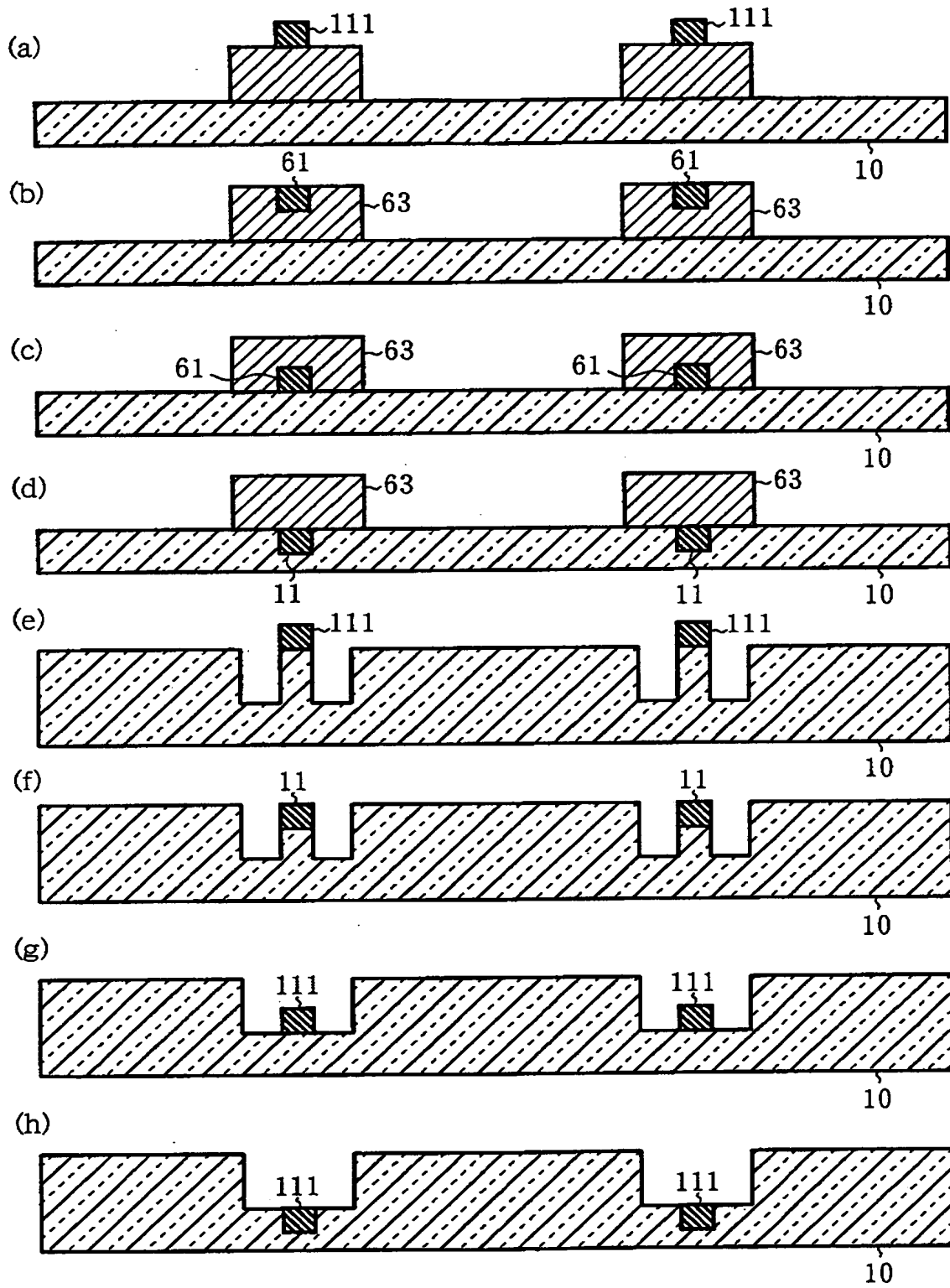
(b)



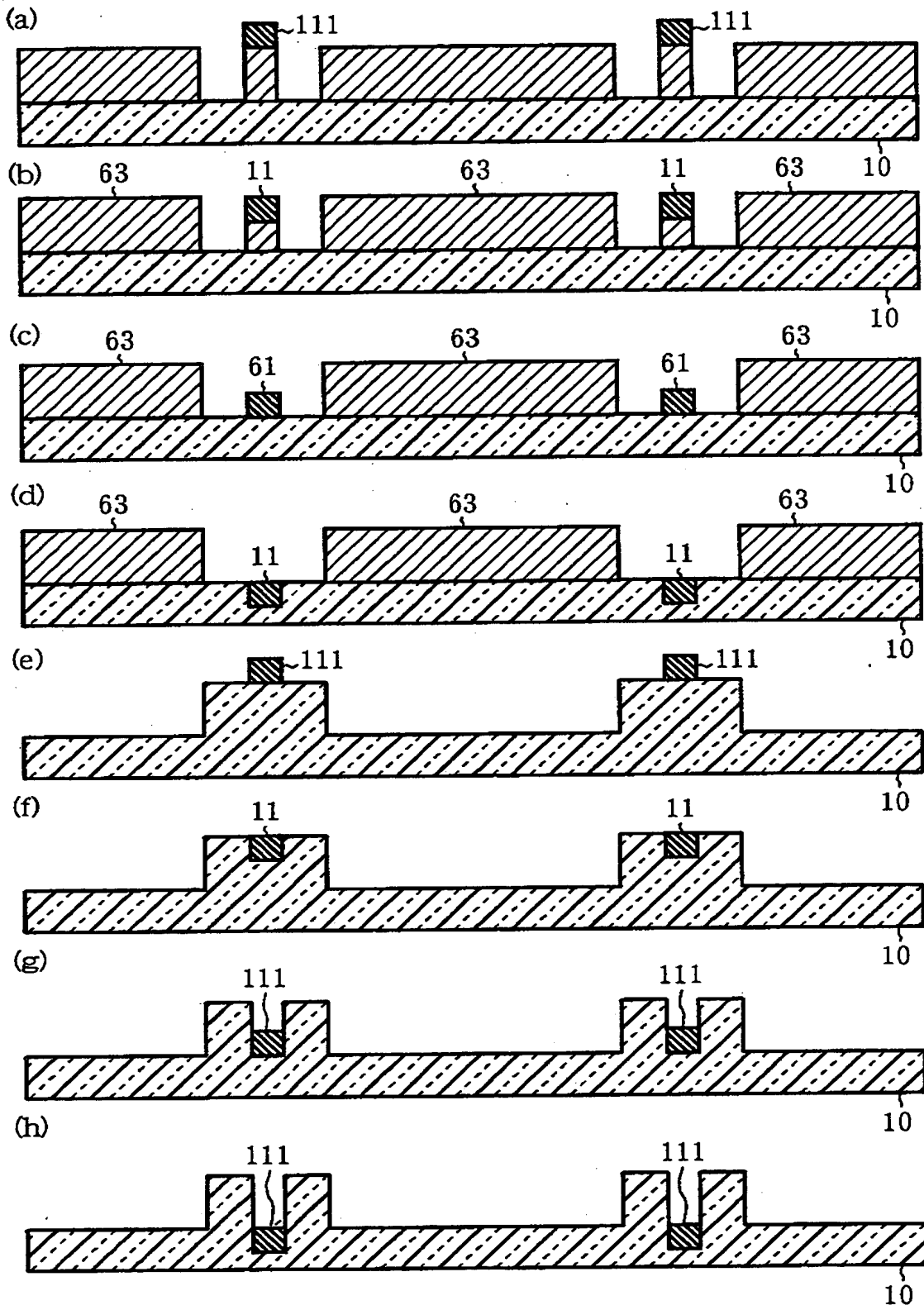
【図 17】



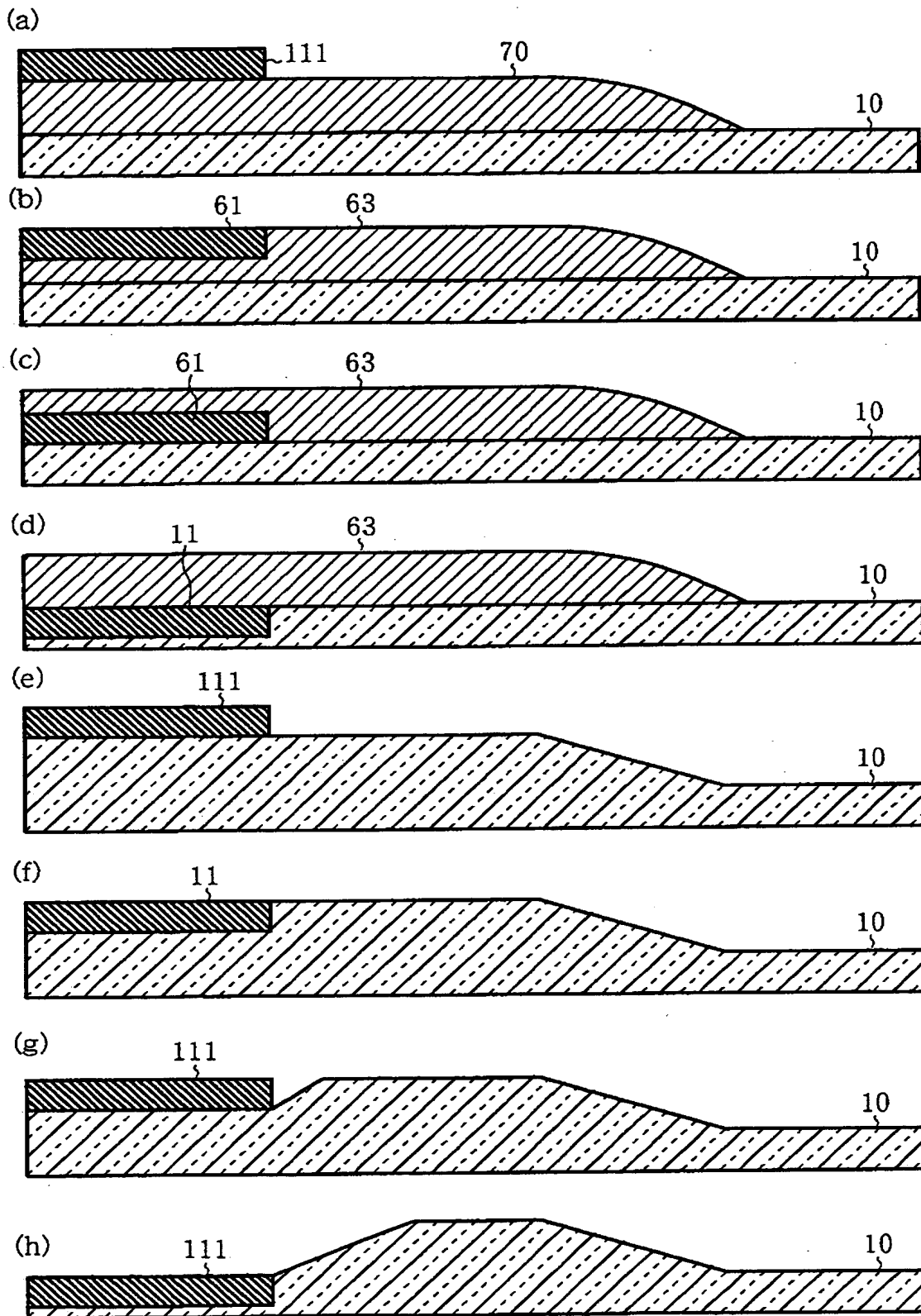
【図 18】



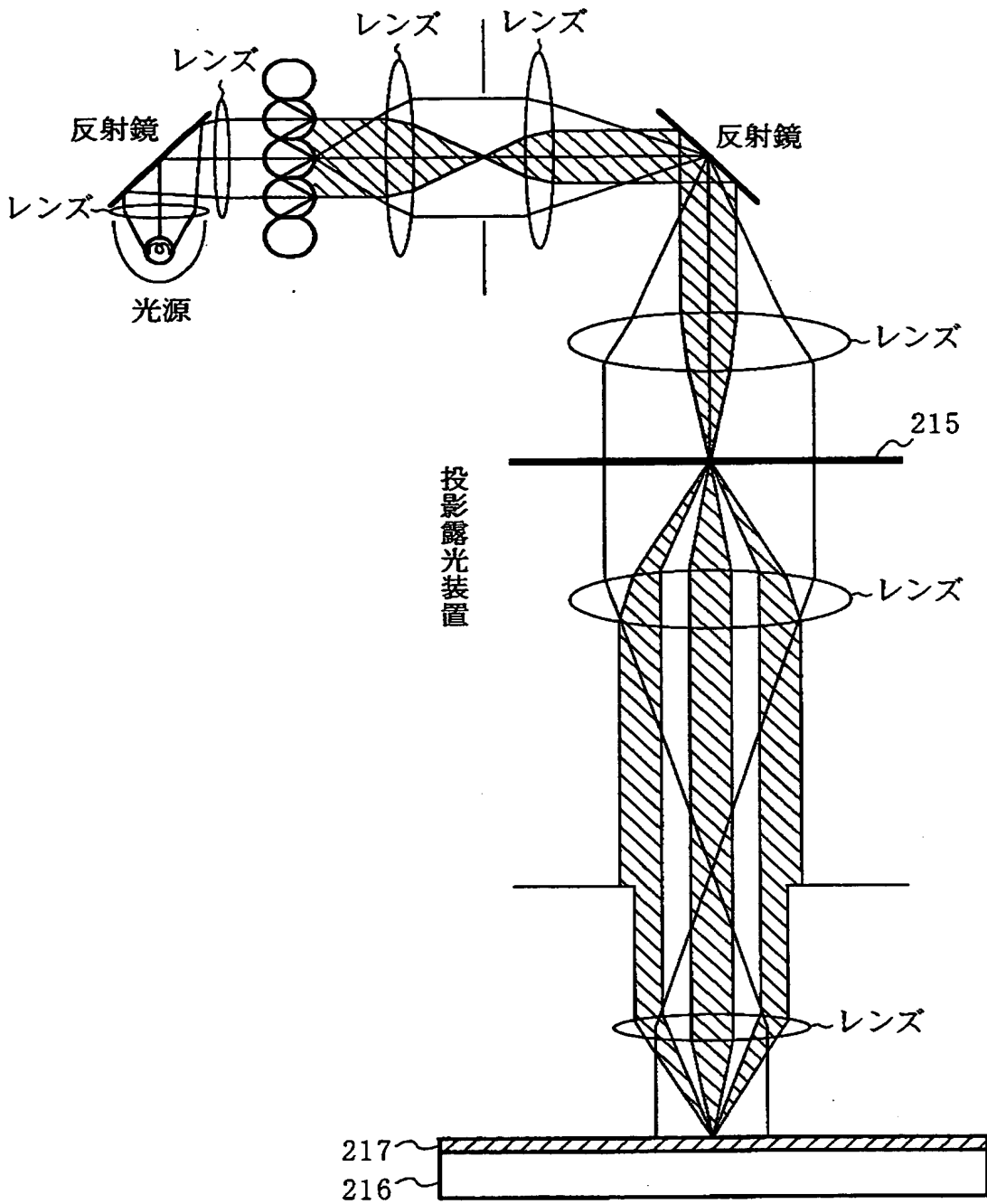
【図 19】



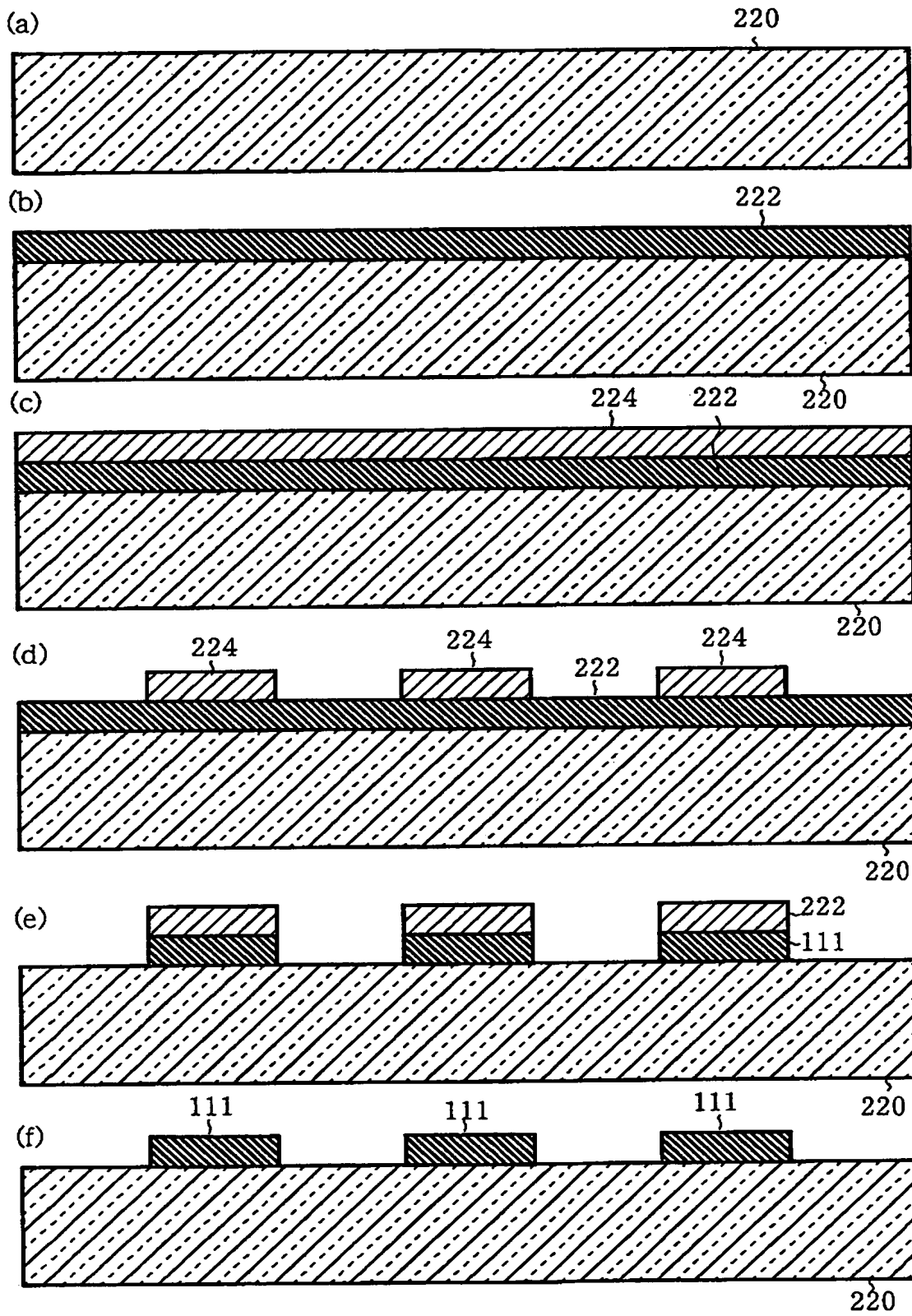
【図 20】



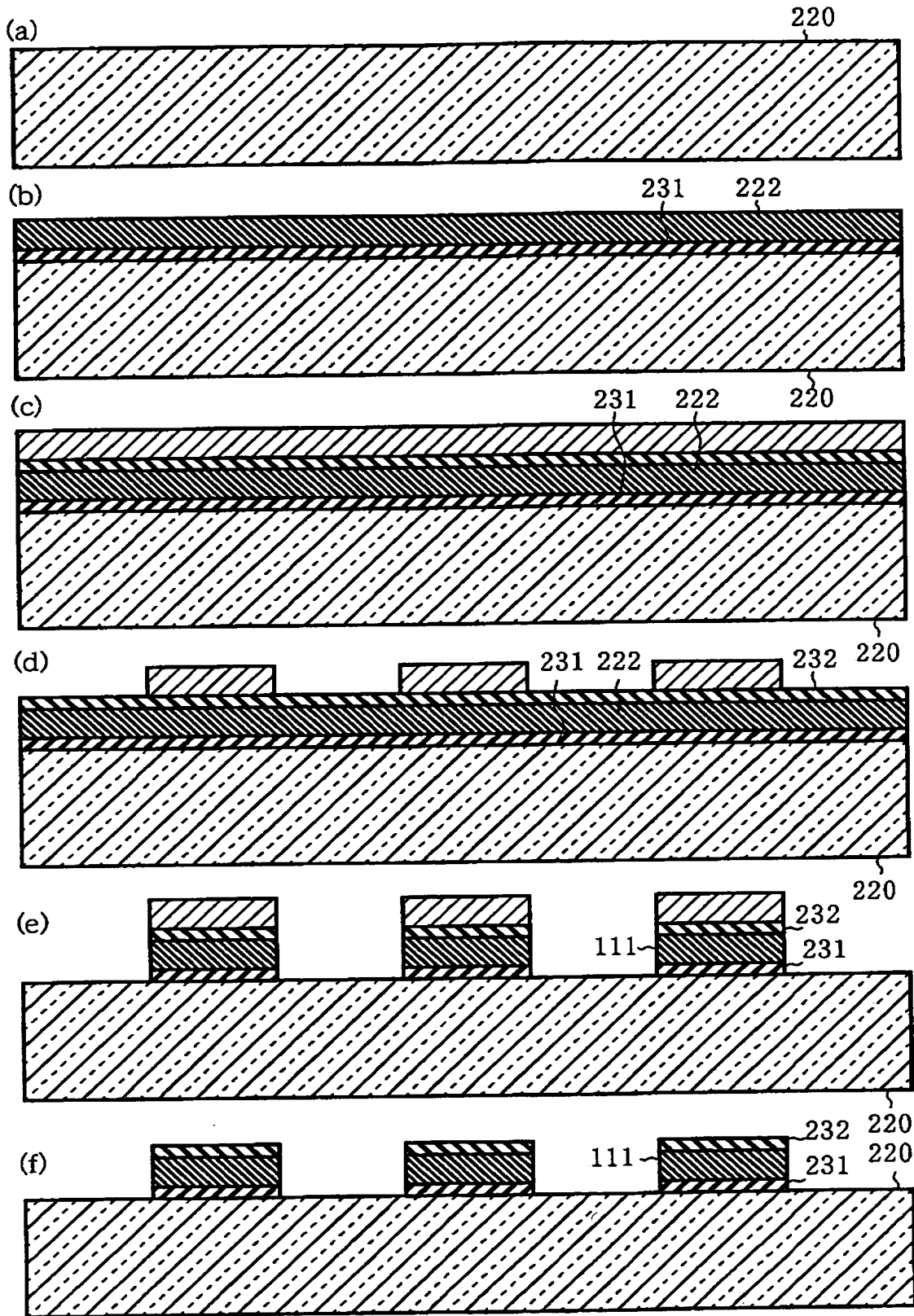
【図 21】



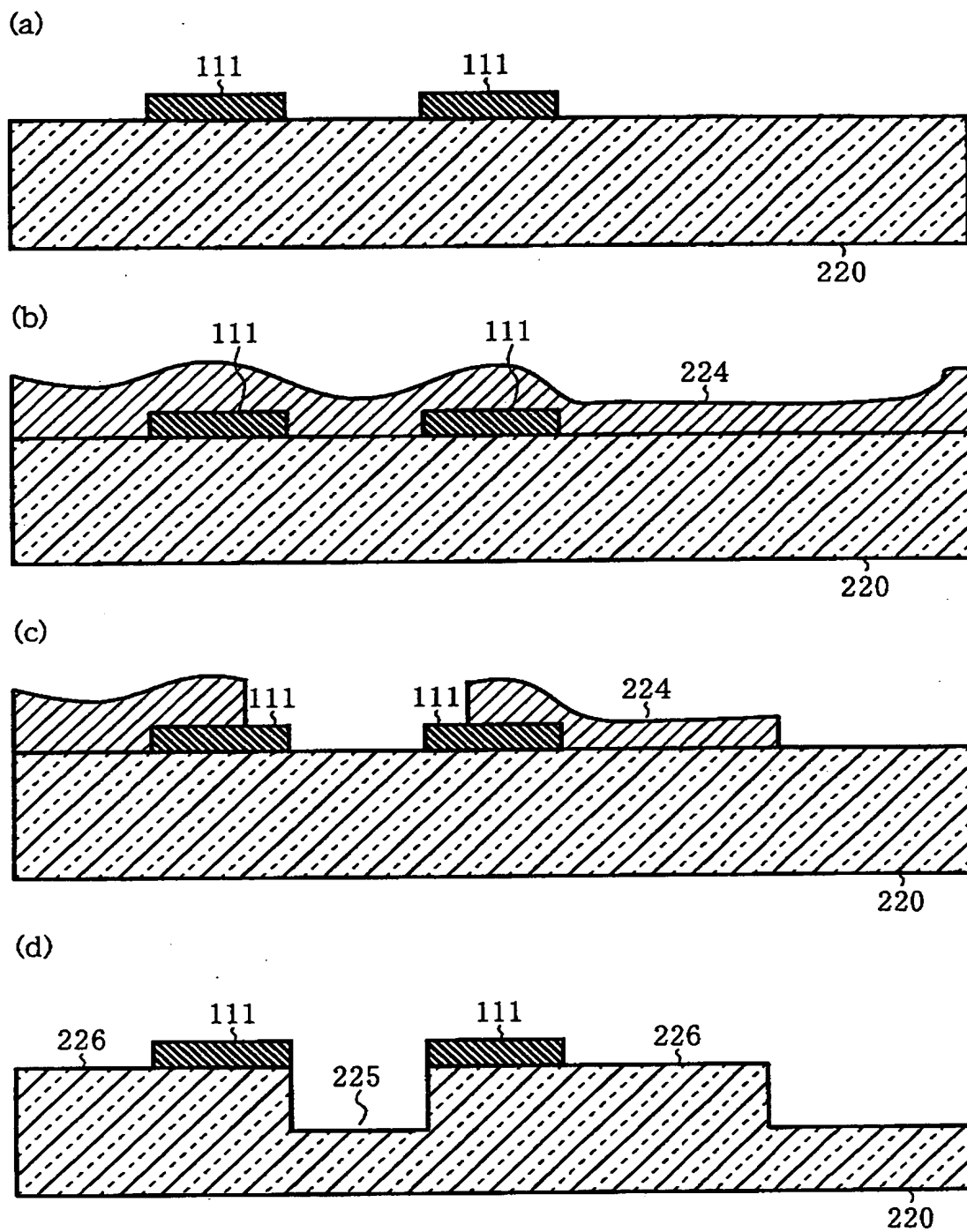
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フォトマスク表面に複雑なトポグラフィーが形成され、製造工程での耐久性は低く欠陥を引起し低品質でこれを使用して製造される半導体集積回路装置の歩留まりが低下するといった課題があった。

【解決手段】 透明ガラス基板 1 0 とその面上の凹部 2 3 内に形成された遮光パターン 1 1 と、透明ガラス基板 1 0 と遮光パターン 1 1 上に選択的に形成され、その表面が平坦である位相シフトパターン 1 0 2 が形成されたフォトマスクおよびその製造方法。

【選択図】 図 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

氏 名 三菱電機株式会社